



## PREFÁCIO

A população de baixa renda no Brasil teve nos últimos dez anos sua renda elevada, havendo assim uma melhoria nos níveis de equidade social e econômica no país. Apesar dos benefícios trazidos à população, estes avanços têm repercutido em um impacto ambiental de grandes dimensões decorrentes da adoção de estilos de vida com padrões de consumo mais elevados. De fato, o provimento de sistemas de tratamento de esgoto, a produção e distribuição de energia, o provimento de água potável e a própria construção da habitação, têm impactos ambientais elevados que podem ser mitigados mas dificilmente eliminados. Neste contexto, o desafio que se coloca aos pesquisadores é o desenvolvimento de soluções que melhorem a qualidade de vida da população de baixa renda, sem que haja o correspondente impacto ambiental observado nos produtos e serviços convencionais. Em outras palavras, necessita-se de inovação que possibilite um consumo sustentável por parte do consumidor emergente.

Para que tal objetivo possa ser atingido, não basta meramente o provimento de uma nova tecnologia, desprovida de conexão com a efetiva realidade e cultura presente entre os moradores da habitação de interesse social. É preciso o profundo entendimento da dinâmica dos hábitos de consumo atuais para determinar soluções com maior probabilidade de integração no dia-a-dia desta população.

Desta forma, o trabalho “Uso Racional de Água e Eficiência Energética em Habitações de Interesse Social”, convênio Nº 01.10.0507.00 firmado entre a Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP) e a Fundação de Ensino e Engenharia de Santa Catarina (FEESC), teve por objetivo geral formar uma rede de pesquisa para desenvolver tecnologias inovadoras para uso racional de água, geração de energia renovável e aumento da eficiência energética em habitações de interesse social. A rede foi coordenada pelo Prof. Enedir Ghisi, da USFC, e o trabalho foi executado pelas seguintes instituições:

- Universidade Federal de Santa Catarina, Depto de Engenharia Civil – UFSC;
- Universidade Federal de Santa Catarina, Depto de Engenharia Mecânica – UFSC;
- Universidade Federal do Espírito Santo, Depto de Engenharia Ambiental – UFES;
- Fundação Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Depto de Hidráulica e Transportes – UFMS;
- Universidade Federal de Sergipe, Depto de Engenharia Química – UFS;
- Universidade Federal do Paraná, Depto de Design – UFPR;
- Universidade Federal da Bahia, Depto de Engenharia Ambiental – UFBA;
- Universidade Federal de Pelotas, Depto de Engenharia Civil – UFPEL;
- Universidade do Vale do Rio dos Sinos, Depto de Engenharia Mecânica – UNISINOS.

Os estudos realizados pelo Departamento de Engenharia Civil da Universidade Federal de Santa Catarina foram divididos em três volumes:

- Volume 1: Hábitos e indicadores de consumo de água e energia;
- Volume 2: Uso de fontes alternativas de água;
- Volume 3: Eficiência energética.

## SUMÁRIO

Resumo.....	1
1. Definição de modelos e componentes construtivos .....	2
1.1. Introdução .....	2
1.2. Objetivo .....	2
1.3. Método.....	2
1.4. Resultados.....	8
1.4.1. Modelos de referência quanto à forma .....	8
1.4.2. Modelos de referência quanto aos materiais.....	21
2. Análise de incertezas do uso e operação da habitação.....	34
2.1. Introdução.....	34
2.2. Objetivo .....	34
2.3. Método.....	34
2.3.1. Configurações da simulação .....	34
2.3.2. Variáveis independentes .....	36
2.3.3. Variáveis dependentes .....	37
2.3.4. Tratamento de dados .....	37
2.4. Resultados.....	39
2.4.1. Amplitude de incertezas.....	39
2.4.2. Variáveis mais influentes na amplitude de incertezas .....	42
2.5. Considerações sobre a análise de incertezas.....	44
3. Simulações computacionais e tratamento dos dados .....	45
3.1. Introdução.....	45
3.2. Objetivo .....	45
3.3. Método.....	45
3.3.1. Modelos base .....	45
3.3.2. Configurações da simulação .....	45
3.3.3. Variáveis independentes .....	46
3.3.4. Variáveis dependentes .....	47
3.3.5. Tratamento de dados .....	47
3.4. Resultados.....	47
3.4.1. Amplitude dos resultados.....	47
3.4.2. Variáveis mais influentes .....	48
3.4.3. Análise dos resultados por variável mais influente .....	49
3.5. Considerações sobre a simulação computacional.....	52
4. Simulações computacionais para diversas cidades no Brasil.....	53

4.1. Introdução .....	53
4.2. Objetivo .....	53
4.3. Método.....	53
4.3.1. Configuração das simulações computacionais .....	53
4.3.2. Modelagem das habitações unifamiliares .....	54
4.3.3. Configurações da simulação .....	54
4.3.4. Configuração da ventilação natural e do sistema de condicionamento artificial de ar .....	55
4.3.5. Planejamento de experimento fatorial .....	56
4.3.6. Tratamento dos dados de saída das simulações .....	57
4.3.7. Análise de variância.....	58
4.4. Resultados.....	59
4.4.1. Florianópolis .....	59
4.4.2. Belém .....	62
4.4.3. Curitiba .....	63
4.4.4. Comparativo entre as cidades .....	66
4.5. Considerações finais das simulações .....	69
Referências.....	71
Apêndice A .....	73
Apêndice B.....	87
Apêndice C.....	92

## LISTA DE TABELA

Tabela 1 – Identificação de potenciais objetos atípicos com a medida $D^2$ de Mahalanobis para a forma. .....	10
Tabela 2 – Características dos objetos identificados como atípicos para todas as variáveis envolvidas na análise.....	11
Tabela 3 – Programa de aglomeração do processo hierárquico da forma. ....	13
Tabela 4 – Variação dos percentuais de heterogeneidade a cada etapa do processo hierárquico referente à forma. ....	14
Tabela 5 – Intervalo de soluções dos agrupamentos do processo hierárquico referente à forma. ....	15
Tabela 6 – Comparação das médias das variáveis quantitativas dos agrupamentos referentes à forma, através do teste U de Mann-Whitney (nível de significância $p < 0,05$ ).....	15
Tabela 7 – Comparação das médias das variáveis qualitativas dos agrupamentos referentes à forma, através do teste Qui-quadrado (nível de significância $p < 0,05$ ).....	16
Tabela 8 – Perfil dos agrupamentos ao longo das variáveis qualitativas na análise da forma.....	18
Tabela 9 – Perfil dos agrupamentos ao longo das variáveis quantitativas na análise da forma.....	19
Tabela 10 – Identificação de potenciais objetos atípicos com a medida $D^2$ de Mahalanobis do bloco dos materiais. ....	23
Tabela 11 – Programa de aglomeração do processo hierárquico dos materiais.....	25
Tabela 12 – Variação dos percentuais de heterogeneidade a cada etapa do processo hierárquico referente aos materiais. ....	26
Tabela 13 – Intervalo de soluções dos agrupamentos do processos hierárquico referente aos materiais. .....	26
Tabela 14 – Comparação entre as duas soluções baseada na significância estatística da formação dos agrupamentos (ANOVA Kruskal Wallis). ....	27
Tabela 15 – Teste Qui-quadrado para igualdade entre as variáveis qualitativas dos agrupamentos referente ao bloco de materiais ( $p_{\text{valor}} < 0,05$ ).....	29
Tabela 16 – Perfil dos agrupamentos ao longo das variáveis qualitativas envolvidas na análise referente aos materiais. ....	30
Tabela 17 – Variáveis utilizadas para a determinação das incertezas decorrentes do uso e ocupação, em relação às rotinas de uso.....	36
Tabela 18 – Variáveis utilizadas para a determinação das incertezas decorrentes do uso e ocupação, em relação às potências instaladas. ....	36
Tabela 19 – Variáveis independentes utilizadas no experimento de simulação computacional.....	37
Tabela 20 – Variáveis mais influentes nos graus-hora de resfriamento do Modelo de Forma 1.....	43

Tabela 21 – Variáveis mais influentes nos graus-hora de resfriamento do Modelo de Forma 2.....	43
Tabela 22 – Variáveis mais influentes nos graus-hora de aquecimento do Modelo de Forma 1.....	43
Tabela 23 – Variáveis mais influentes nos graus-hora de aquecimento do Modelo de Forma 2.....	43
Tabela 24 – Rotinas de operação utilizadas no experimento de simulação computacional, para ocupação, operação de portas e janelas e iluminação. ....	45
Tabela 25 – Densidades de potências instaladas utilizadas na simulação computacional, para equipamentos e iluminação.....	46
Tabela 26 – Variáveis independentes do experimento de simulação computacional. ....	46
Tabela 27 – Propriedades térmicas dos materiais para a determinação dos níveis independentes de variação para parede e cobertura.....	47
Tabela 28 – Variáveis mais influentes nos graus-hora de resfriamento e aquecimento, para o modelo de forma 1 e 2.....	49
Tabela 29 – Parâmetros considerados variáveis na análise e seus valores adotados. ....	56
Tabela 30 – Propriedades térmicas dos materiais fictícios criados para paredes e coberturas. ....	57
Tabela 31 – Parâmetros mais influentes no consumo relativo para aquecimento para Florianópolis. ....	61
Tabela 32 – Parâmetros mais influentes no consumo relativo para refrigeração para Florianópolis.	61
Tabela 33 – Parâmetros mais influentes nos graus hora para resfriamento para Florianópolis.....	61
Tabela 34 – Parâmetros mais influentes no consumo relativo para refrigeração para Belém. ....	63
Tabela 35 – Parâmetros mais influentes nos graus hora para resfriamento para Belém.....	63
Tabela 36 – Parâmetros mais influentes no consumo relativo para aquecimento para Curitiba. ....	65
Tabela 37 – Parâmetros mais influentes no consumo relativo para refrigeração para Curitiba.....	66
Tabela 38 – Parâmetros mais influentes nos graus-hora de resfriamento para Curitiba.....	66
Tabela 39 - Variáveis mais influentes para os graus-hora de resfriamento do Modelo de Forma 1 e o modelo de materiais Envelope 1.....	75
Tabela 40 - Variáveis mais influentes para os graus-hora de resfriamento do Modelo de Forma 2 e o modelo de materiais Envelope 1. ....	76
Tabela 41 - Variáveis mais influentes para os graus-hora de aquecimento do Modelo de Forma 1 e o modelo de materiais Envelope 1. ....	77
Tabela 42 - Variáveis mais influentes para os graus-hora de aquecimento do Modelo de Forma 2 e o modelo de materiais Envelope 1. ....	78
Tabela 43 - Variáveis mais influentes para os graus-hora de resfriamento do Modelo de Forma 1 e o modelo de materiais Envelope 2. ....	79
Tabela 44 - Variáveis mais influentes para os graus-hora de resfriamento do Modelo de Forma 2 e o modelo de materiais Envelope 2. ....	80

Tabela 45 - Variáveis mais influentes para os graus-hora de aquecimento do Modelo de Forma 1 e o modelo de materiais Envelope 2. ....	81
Tabela 46 - Variáveis mais influentes para os graus-hora de aquecimento do Modelo de Forma 2 e o modelo de materiais Envelope 2. ....	82
Tabela 47 - Variáveis mais influentes para os graus-hora de resfriamento do Modelo de Forma 1 e o modelo de materiais Envelope 3. ....	83
Tabela 48 - Variáveis mais influentes para os graus-hora de resfriamento do Modelo de Forma 2 e o modelo de materiais Envelope 3. ....	84
Tabela 49 - Variáveis mais influentes para os graus-hora de aquecimento do Modelo de Forma 1 e o modelo de materiais Envelope 3. ....	85
Tabela 50 - Variáveis mais influentes para os graus-hora de aquecimento do Modelo de Forma 2 e o modelo de materiais Envelope 3. ....	86
Tabela 51 – Projeto de experimento para os graus-hora de resfriamento médio do Modelo de Forma 1 e variáveis mais influentes. ....	88
Tabela 52 – Projeto de experimento para os graus-hora de aquecimento médio do Modelo de Forma 1 e variáveis mais influentes. ....	89
Tabela 53 – Projeto de experimento para os graus-hora de resfriamento médio do Modelo de Forma 2 e variáveis mais influentes. ....	90
Tabela 54 – Projeto de experimento para os graus-hora de aquecimento médio do Modelo de Forma 2 e variáveis mais influentes. ....	91
Tabela 55 – Variáveis mais influentes para Florianópolis para os Graus-hora de resfriamento do Modelo de Forma 1. ....	93
Tabela 56 – Variáveis mais influentes para Florianópolis para os Graus-hora de resfriamento do Modelo de Forma2. ....	94
Tabela 57 – Variáveis mais influentes para Belém para os Graus-hora de resfriamento do Modelo de Forma 1. ....	95
Tabela 58 – Variáveis mais influentes para Belém para os Graus-hora de resfriamento do Modelo de Forma 2. ....	96
Tabela 59 – Variáveis mais influentes para Curitiba para os Graus-hora de resfriamento do Modelo de Forma 1. ....	97
Tabela 60 – Variáveis mais influentes para Curitiba para os Graus-hora de resfriamento do Modelo de Forma 2. ....	98
Tabela 61 – Variáveis mais influentes para Florianópolis para o consumo relativo com refrigeração do Modelo de Forma 1. ....	99

Tabela 62 – Variáveis mais influentes para Florianópolis para o consumo relativo com refrigeração do Modelo de Forma 2.....	100
Tabela 63 – Variáveis mais influentes para Belém para o consumo relativo com refrigeração do Modelo de Forma 1.....	101
Tabela 64 – Variáveis mais influentes para Belém para o consumo relativo com refrigeração do Modelo de Forma 2.....	102
Tabela 65 – Variáveis mais influentes para Curitiba para o consumo relativo com refrigeração do Modelo de Forma 1.....	103
Tabela 66 – Variáveis mais influentes para Curitiba para o consumo relativo com refrigeração do Modelo de Forma 2.....	104
Tabela 67 – Variáveis mais influentes para Florianópolis para o consumo relativo com aquecimento do Modelo de Forma 1.....	105
Tabela 68 – Variáveis mais influentes para Florianópolis para o consumo relativo com aquecimento do Modelo de Forma 2.....	106
Tabela 69 – Variáveis mais influentes para Curitiba para o consumo relativo com aquecimento do Modelo de Forma 1.....	107
Tabela 70 – Variáveis mais influentes para Curitiba para o consumo relativo com aquecimento do Modelo de Forma 2.....	108

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Testes de hipótese utilizados para verificação quanto à adequação dos agrupamentos formados.....	7
Quadro 2 – Apresentação dos resultados da análise de agrupamento para cada bloco. ....	8
Quadro 3 – Variáveis consideradas na análise de agrupamento referentes à forma da edificação.....	9
Quadro 4 – Variáveis consideradas na análise de agrupamento referente aos materiais. ....	22
Quadro 5 – Perfil dos agrupamentos conforme as variáveis da análise para solução de dois agrupamentos. ....	28
Quadro 6 – Perfil dos agrupamentos conforme as variáveis da análise para solução de três agrupamentos. ....	28
Quadro 7 – Dados geográficos da cidade de Florianópolis-SC proveniente do arquivo TRY. ....	34

## LISTA DE FIGURA

Figura 1 – Construção da matriz de similaridade com a distância euclidiana quadrada. ....	4
Figura 2 – Formação dos agrupamentos pelo processo hierárquico. ....	5
Figura 3 – Processo de construção do dendograma. ....	6
Figura 4 - Formação dos agrupamentos pelo processo não hierárquico. ....	6
Figura 5 – Dendograma do processo hierárquico da forma. ....	12
Figura 6 – Perfil dos agrupamentos conforme as variáveis envolvidas na análise referente à forma. .....	16
Figura 7 – Configuração do modelo de referência do agrupamento 1 da forma. ....	20
Figura 8 – Configuração do modelo de referência do agrupamento 2 da forma. ....	21
Figura 9 – Dendograma do processo hierárquico dos materiais. ....	24
Figura 10 – Esquema da composição das paredes, piso, cobertura e caixilhos do modelo de referência do agrupamento 1. ....	32
Figura 11 – Esquema da composição das paredes, piso, cobertura e caixilhos do modelo de referência do agrupamento 2. ....	32
Figura 12 – Esquema da composição das paredes, piso, cobertura e caixilhos dos modelos de referência do agrupamento 3. ....	33
Figura 13 – Variáveis climáticas médias diárias para cada mês do ano (irradiação solar direta e difusa, temperatura de bulbo seco e bulbo úmido, umidade relativa). ....	35
Figura 14 – Temperaturas de bulbo seco médias, mínimas de máximas diárias ao longo dos meses do ano para Florianópolis-SC. ....	35
Figura 15 – Histograma de frequência absoluta de ocorrência para os graus-hora de resfriamento e aquecimento, para os modelos de forma 1 e 2. A variabilidade em cada quadro é decorrente das variáveis de uso e ocupação e dos diferentes modelos de materiais (envelopes 1 a 3). ....	39
Figura 16 – Histograma de densidade de probabilidade para os graus-hora de aquecimento médio do Modelo de Forma 1, dividido por modelo de material (envelope 1 a 3). ....	40
Figura 17 – Histograma de densidade de probabilidade para os graus-hora de resfriamento médio do Modelo de Forma 1, dividido por modelo de material (envelope 1 a 3). ....	40
Figura 18 – Histograma de densidade de probabilidade para os graus-hora de aquecimento médio do Modelo de Forma 2, dividido por modelo de material (envelope 1 a 3). ....	41
Figura 19 – Histograma de densidade de probabilidade para os graus-hora de resfriamento médio do Modelo de Forma 2, dividido por modelo de material (envelope 1 a 3). ....	41
Figura 20 – Amplitude de incertezas e desvio relativo com 95% de confiabilidade para os graus-hora de aquecimento e resfriamento, por modelo de forma e de materiais. ....	42

Figura 21 – Frequência absoluta de ocorrência para os graus-hora de resfriamento e aquecimento para o experimento de simulação computacional, para os modelos de forma 1 e 2. ....	48
Figura 22 – Graus-hora de aquecimento médio do modelo de forma 1 dividido pelas variáveis mais influentes (transmitância térmica da cobertura, transmitância térmica das paredes, absorvância solar da cobertura e capacidade térmica das paredes).....	50
Figura 23 – Graus-hora de resfriamento médio do modelo de forma 1 dividido pelas variáveis mais influentes (absorvância solar da cobertura, transmitância térmica da cobertura, absorvância solar das paredes e transmitância térmica das paredes). ....	50
Figura 24 – Graus-hora de aquecimento médio do modelo de forma 2 dividido pelas variáveis mais influentes (transmitância térmica da cobertura, transmitância térmica das paredes, absorvância solar da cobertura e absorvância solar das paredes). ....	51
Figura 25 – Graus-hora de resfriamento médio do modelo de forma 2 dividido pelas variáveis mais influentes (absorvância solar da cobertura, absorvância solar das paredes, transmitância térmica da cobertura e área de aberturas).....	51
Figura 26 – Padrão de ocupação fixado pelo RTQ-R. ....	54
Figura 27 – Padrão de iluminação fixado pelo RTQ-R. ....	55
Figura 28 – Histograma de frequência absoluta para o consumo relativo com aquecimento para Florianópolis e Modelos de Forma 1 e 2.....	59
Figura 29 – Histograma de frequência absoluta para o consumo relativo com refrigeração para Florianópolis e Modelos de Forma 1 e 2.....	60
Figura 30 – Histograma de frequência absoluta para os graus-hora de resfriamento para Florianópolis e Modelos de Forma 1 e 2.....	60
Figura 31 – Histograma de frequência absoluta para o consumo relativo com refrigeração para Belém e Modelos de Forma 1 e 2.....	62
Figura 32 – Histograma de frequência absoluta para os graus-hora de resfriamento para Belém e Modelos de Forma 1 e 2.....	62
Figura 33 – Histograma de frequência absoluta para o consumo relativo com aquecimento para Curitiba e Modelos de Forma 1 e 2.....	64
Figura 34 – Histograma de frequência absoluta para o consumo relativo com refrigeração para Curitiba e Modelos de Forma 1 e 2.....	64
Figura 35 – Histograma de frequência absoluta para os graus-hora de resfriamento para Curitiba e Modelos de Forma 1 e 2.....	65
Figura 36 – Comparativo entre os graus-hora de resfriamento para as três cidades analisadas. ....	67
Figura 37 – Comparativo entre o consumo relativo com refrigeração para as três cidades analisadas. ....	68

Figura 38 – Comparativo entre o consumo relativo com aquecimento para duas das três cidades analisadas. ....69

Figura 39 - Amplitude de incertezas e desvio relativo com 95% de confiabilidade para os graus-hora de aquecimento e resfriamento, por modelo de forma e de materiais para (a) rotina de operação de janelas e (b) rotina de ocupação. .... 74

## RESUMO

Este volume compreende uma análise de desempenho térmico e energético de habitações de interesse social da região de Florianópolis-SC por meio de diversos procedimentos sucessivos. O primeiro capítulo apresenta um estudo de determinação de modelos representativos através da técnica estatística de “análise de agrupamento” com o objetivo principal de simplificar os experimentos computacionais subsequentes, os quais poderiam ser em modelos estatisticamente representativos, no lugar de analisar habitações individuais. A amostra, para esta análise, foi de 103 habitações com dados completos. A análise de agrupamento foi realizada para a consolidação de modelos representativos de forma e de características construtivas que representem a amostra de habitações. Os resultados apontaram para determinadas características que influenciam no agrupamento de forma e de características construtivas, bem como a definição de modelos com determinado grau de similaridade. Dois modelos representativos foram definidos para a forma da habitação, e três modelos foram definidos para as características construtivas dos materiais da envoltória da habitação. O segundo capítulo apresenta o tratamento estatístico dos dados de uso e operação das habitações levantados no Volume 1 por meio de auditoria. As informações de uso e operação foram utilizadas para a construção de perfis de diversidade, os quais representam a ocupação dos ambientes, a utilização de portas e janelas para ventilação, e o uso de equipamentos eletroeletrônicos. Foi utilizada a técnica estatística de Wilcoxon do posto sinalizado de forma a se construir intervalos de confiança não-paramétricos para a amostra de habitações, mantendo-se o nível de confiabilidade em 80%. Obteve-se, ao final do tratamento, rotinas probabilísticas anuais para a rotina de ocupação, e de operação de portas e janelas para cada ambiente da habitação (sala, cozinha e dormitórios) em intervalos mínimo, mediano e máximo com 80% de confiabilidade. Obteve-se, também, rotinas diárias representativas para o uso da iluminação (80% de confiabilidade) e para as cargas internas com equipamentos e iluminação (90% de confiabilidade), para cada ambiente da edificação e em intervalos mínimo, mediano e máximo. Rotinas determinísticas de uso de equipamentos foram obtidas para os ambientes da habitação, que são eficazes quando associadas às cargas internas representativas obtidas. O terceiro capítulo mostra uma análise de incertezas das rotinas de uso e operação obtidas na simulação computacional do desempenho termo-energético dos modelos representativos das habitações (de forma e de características construtivas).

# 1. DEFINIÇÃO DE MODELOS E COMPONENTES CONSTRUTIVOS

## 1.1. Introdução

O objetivo de uma análise de agrupamento é identificar, a partir de uma base de dados, grupos que possuam características diferentes entre si e similares dentro de cada grupo. Especificamente para esta pesquisa, os objetivos estão voltados à simplificação de dados, com a qual espera-se obter modelos de edificação com características representativas do grupo e que possam ser utilizados em estudos de desempenho termo-energético. Os modelos obtidos foram utilizados em todo este estudo como modelos de simulação, a partir dos quais foi possível determinar estratégias de eficiência nestas habitações.

Os dados levantados inicialmente foram submetidos à análise estatística multivariada de dados. A análise de agrupamento (análise de *cluster*) foi a técnica selecionada neste estudo, realizada separadamente para cada bloco de informação.

Para a realização de todas as análises estatísticas foi utilizado o programa SPSS (Statistical Package for the Social Science, v.20.0 para Windows, IBM). É um programa de análise estatística conhecido mundialmente e muito citado em trabalhos envolvendo a análise de agrupamento, motivo pelo qual foi selecionado para uso nesta pesquisa.

## 1.2. Objetivo

O objetivo foi determinar modelos de referência de habitações populares unifamiliares da região de Florianópolis, SC, baseados nas características físicas da edificação, através da análise de agrupamento, para uso em estudos de desempenho termo-energético.

## 1.3. Método

A partir do resultado dos levantamentos de dados, para cada bloco de informação, foram excluídas as habitações que apresentaram dados incompletos ou inconsistentes (por exemplo, área de ventilação maior que área de janela). Variáveis que possuíam mais de 10% de dados ausentes também foram descartadas. A partir dos dados restantes, foi feita ainda uma redução com o intuito de se obter uma matriz de dados mais concisa, mas sem perda significativa de informação. Desta forma, dados como as dimensões de cada janela, por exemplo, foram agrupados em uma única variável que os descrevia: porcentagem da área de janela por área de fachada. Essa redução foi importante para evitar a multicolinearidade dos dados e também facilitar as análises.

Antes de iniciar o processo de partição (processo de formação dos agrupamentos) é importante verificar a possível existência de objetos atípicos no conjunto de dados. São considerados objetos atípicos aqueles cujos dados diferem da maioria dos casos da amostra, considerando todo o conjunto de variáveis que os definem. Sua identificação é importante pois podem influenciar os resultados da análise.

Na análise de agrupamento todas as variáveis são utilizadas para calcular a similaridade entre os objetos, por isso a investigação de objetos atípicos não deve se limitar a técnicas univariadas. Dado o caráter multivariado da análise, foi necessária a aplicação de técnicas multivariadas, sendo o  $D^2$  de Mahalanobis (Equação 1) a medida selecionada neste estudo. Trata-se de uma regressão multivariada onde são medidas as distâncias de cada objeto a partir do seu centroide (média multivariada), dada a covariância (variância multivariada) de uma distribuição. Não há um valor  $D^2$  de corte, entretanto

utiliza-se a probabilidade associada ao  $D^2$  como fator decisivo. Foram considerados atípicos os objetos cuja probabilidade associada ao  $D^2$  foi menor que 0,001.

$$D^2_{nm} = \sqrt{(x_n - x_m)C^{-1}(x_n - x_m)'} \quad (1)$$

Onde:

$D^2_{nm}$  é a medida de Mahalanobis;

$C^{-1}$  é a matriz de covariâncias;

$x_n$  é o valor de n para cada variável;

$x_m$  é o valor de m para cada variável.

A decisão quanto à inclusão ou exclusão do objeto deve-se basear no motivo pelo qual o objeto foi considerado atípico, tendo em mente os objetivos do estudo. Desta forma, após a identificação dos objetos cuja probabilidade encontrada ficou abaixo do valor especificado, foram comparados os valores das variáveis qualitativas com a frequência de ocorrência e quantitativas com a média e desvio padrão encontrados para esta amostra, e assim julgada a pertinência de mantê-los no estudo ou eliminá-los.

Outro ponto a ser observado antes do início da análise são as diferentes unidades de medida de cada variável, que podem impactar os resultados de modo que uma variável exerça mais influência do que outra devido a maior dispersão dos seus dados. Por exemplo, a variável área total, com amplitude próxima a 130m<sup>2</sup>, impactaria mais os resultados que a quantidade de dormitórios, que varia de 1 a 5. Para garantir que os resultados não fossem influenciados pelas diferentes unidades de medida, as variáveis foram padronizadas (normalizadas). Optou-se pela padronização estatística (*z scores*) por ser a forma mais comum de padronização (BUSSAB et al., 1990). Com esse tipo de padronização, cada variável é definida por um conjunto de dados com média igual a zero e desvio padrão igual a um. Essa consideração é importante por garantir que o grau de dispersão dos dados dentro de cada variável não influencie os resultados. A Equação 2 foi utilizada para padronizar os dados em pontuações Z.

$$Z_{x_i} = \frac{(x_i - \bar{x})}{s} \quad (2)$$

Onde:

$Z_{x_i}$  é o valor padronizado de x;

$\bar{x}$  é a média dos valores de determinada variável;

s é o desvio padrão dos valores de determinada variável.

Quanto ao método para formação dos agrupamentos, a abordagem escolhida nessa pesquisa foi a de utilizar os procedimentos hierárquico e não hierárquico conjuntamente. O procedimento hierárquico permitiu a obtenção de um conjunto preliminar de soluções, indicando a quantidade mais apropriada de agrupamentos, enquanto o procedimento não hierárquico forneceu a formação final dos agrupamentos.

O primeiro passo a ser tomado para dar início ao procedimento hierárquico é a definição de uma medida de similaridade. Adotou-se a distância euclidiana quadrada, definida pela soma dos quadrados das diferenças entre cada variável, de todos os pares de objetos. Com essa medida é possível acumular evidências empíricas sobre os níveis de similaridade, diferenciando-se da distância euclidiana por ressaltar as diferenças entre objetos que estão mais distantes (BUSSAB et al., 1990). Esta medida é calculada para cada par de objetos, obtendo a partir destes uma outra matriz de dados,

chamada de matriz de similaridade. A Equação 3 foi utilizada para se obter as distâncias entre os objetos utilizando a distância euclidiana quadrada.

$$d_{AB} = \sum_{i=1}^p (x_{iA} - x_{iB})^2 \quad (3)$$

Onde:

$d_{AB}$  é a distância euclidiana quadrada do objeto A ao objeto B;

$x_{iA}$  é o valor de A para cada variável;

$x_{iB}$  é o valor de B para cada variável.

A Figura 1 ilustra a construção de uma matriz de similaridade a partir de uma matriz de dados, aplicando a distância euclidiana quadrada. À esquerda, é apresentada uma matriz de dados formada por quatro objetos descritos por três variáveis. Aplicando-se a distância euclidiana quadrada a cada par de objetos, obtém-se a matriz de similaridade. Assim, a distância entre os objetos 1 e 2 é dada pela distância  $d_{12}$ .

O Método de Ward foi selecionado como algoritmo de partição, que é um conjunto de regras que define quais pares de agrupamentos são combinados em cada etapa. Esse método considera como melhor solução a combinação que minimiza o aumento residual dos quadrados ao longo de todas as variáveis, em todos os agrupamentos (MINGOTI, 2007).

Definidos o algoritmo de partição e a matriz de similaridade, realizou-se então o procedimento hierárquico. Neste procedimento, os pares de objetos foram combinados de acordo com o valor de distância obtido com a medida de similaridade especificada e as regras de partição do algoritmo selecionado. Em cada etapa, dois agrupamentos distintos foram combinados para formar um novo agrupamento. O valor da distância em que cada agrupamento foi formado indica o nível de similaridade entre eles. A Figura 2 exemplifica este processo.

Figura 1 – Construção da matriz de similaridade com a distância euclidiana quadrada.

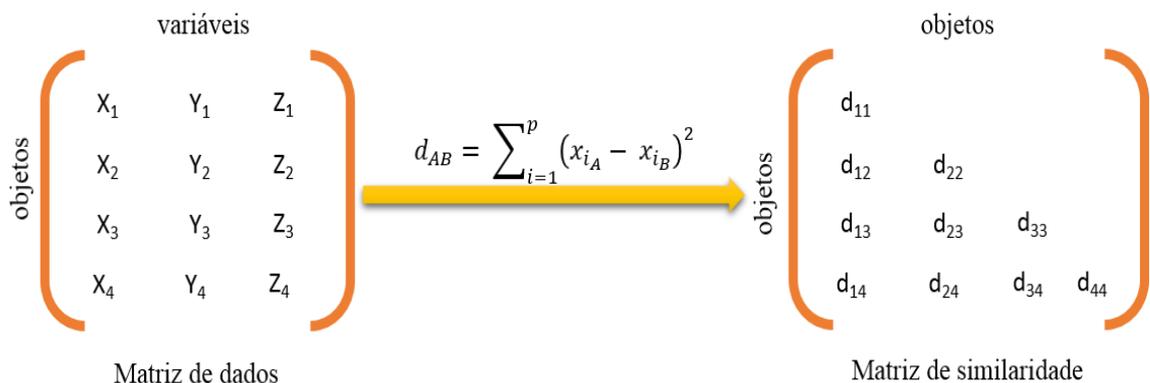
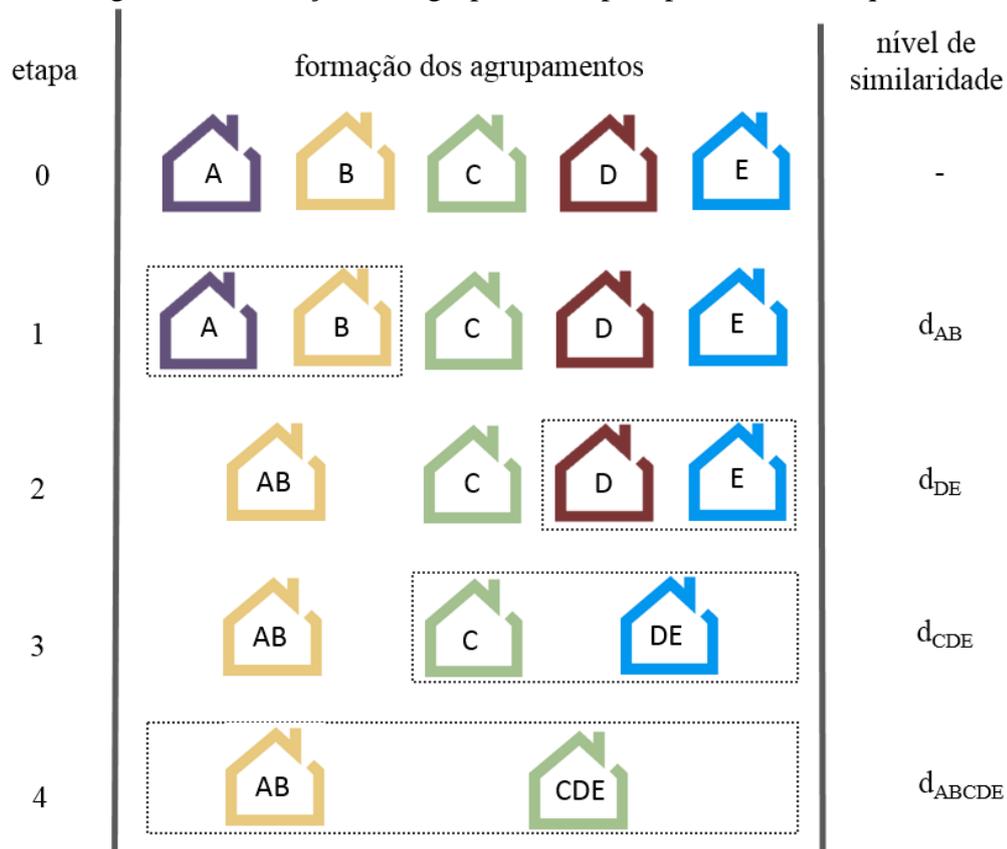


Figura 2 – Formação dos agrupamentos pelo processo hierárquico.



A formação dos agrupamentos a partir do método hierárquico permitiu a construção de um dendograma, que é um gráfico escalonado em forma de árvore onde são observados os níveis de similaridade obtidos a cada união. Também foram obtidos os coeficientes de aglomeração para cada combinação, que é uma medida de heterogeneidade referente ao novo agrupamento. Esta medida foi calculada pelo programa SPSS durante o processo de partição e se baseia na Teoria de Grafos de redes complexas, assunto que não será abordado aqui. Nos estágios iniciais, esta medida é pequena, e vai crescendo à medida que diferentes agrupamentos são combinados.

Com o exame do dendograma e dos coeficientes de aglomeração, foi possível determinar as soluções preliminares de agrupamento a partir da avaliação das variações percentuais da heterogeneidade obtidas a cada união. Um grande aumento de heterogeneidade significa que dois agrupamentos muito distintos foram unidos. A quantidade de agrupamentos a serem formados foi determinada então pela solução anterior a uma etapa onde a combinação dos agrupamentos gerou um aumento percentual do coeficiente de aglomeração muito maior que as etapas anteriores. A Figura 3 exemplifica a construção de um dendograma.

Antes de prosseguir, foi importante verificar nesta etapa se algum dos agrupamentos formados era constituído por uma quantidade muito pequena de objetos. Como o objetivo deste estudo é a determinação de um modelo de referência de um estoque edificado, sendo os grupos muito pequenos irrelevantes para o produto final, considerou-se que os agrupamentos formados por menos de 10% de objetos da amostra eram pouco representativos e foram excluídos. Esta etapa aconteceu após a formação dos agrupamentos no processo hierárquico e, nos casos em que algum objeto foi excluído, o processo de agrupamento foi refeito para o novo banco de dados.

Determinada a quantidade de agrupamentos ideal, foi aplicado o procedimento não hierárquico para a obtenção da solução final. Neste procedimento, os objetos são distribuídos

simultaneamente nos agrupamentos conforme sua proximidade aos pontos sementes (pontos de referência por onde inicia-se o processo de agrupamento). Estes pontos representam o centro do grupo (centroide), que vai sendo alterado à medida que novos objetos são agrupados. Com a alteração dos centroides, alguns objetos inicialmente designados a um agrupamento podem tornar-se mais próximos do centroide de outro agrupamento, sendo portanto redesignados. Este mesmo procedimento é feito a quantidade de vezes necessárias até que se alcance a convergência (quando mais nenhum objeto é designado a um novo agrupamento em função da alteração do seu centro). A Figura 4 apresenta esse processo.

Figura 3 – Processo de construção do dendograma.

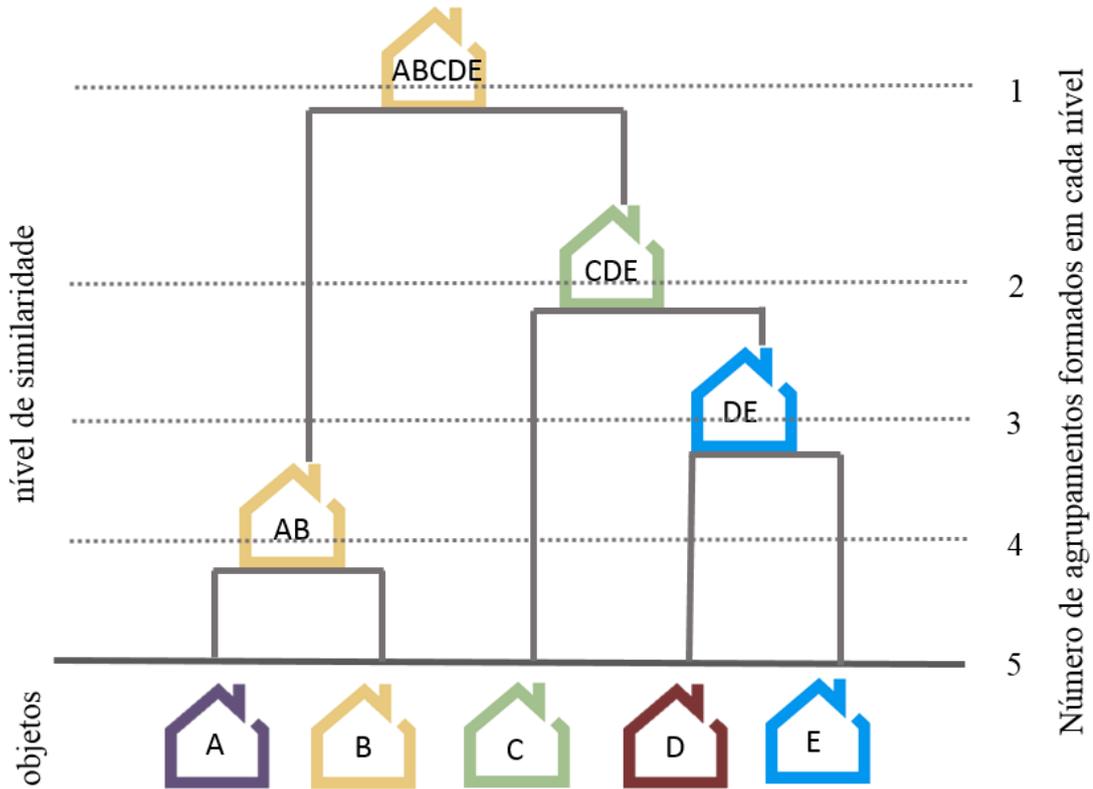


Figura 4 - Formação dos agrupamentos pelo processo não hierárquico.



A definição dos pontos sementes foi realizada por meio do método de amostragem (seleção aleatória), realizado pelo programa SPSS. O algoritmo de partição utilizado foi o de otimização, que realiza consecutivas interações entre os objetos de cada agrupamento até que seja alcançado o menor grau de heterogeneidade possível (mais próximo de zero).

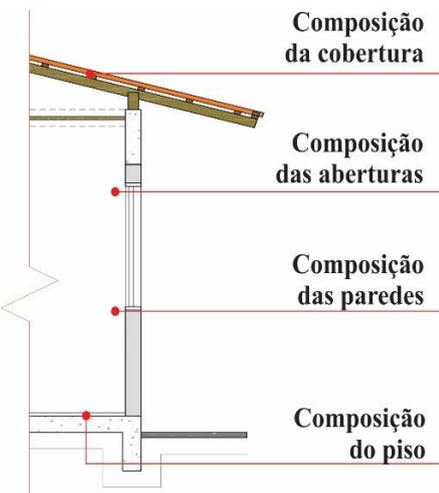
Com este processo, os agrupamentos foram formados. Neste tipo de análise, não há um “p<sub>valor</sub>” de comparação do resultado final para verificar se o agrupamento foi bom ou ruim, visto que a variável estatística é definida pelos próprios dados envolvidos na análise. Por isso, foram utilizados outros procedimentos estatísticos para averiguar a adequação quanto à separação dos agrupamentos. Foram realizados testes de hipótese com todas as variáveis a fim de verificar se estas apresentaram diferenças significativas entre os grupos. O Quadro 1 apresenta os testes utilizados para cada situação, dependendo do tipo da variável envolvida e da quantidade de agrupamentos formados. Para todos os testes, foi adotado nível de significância igual a 0,05, assumindo que as variáveis são estatisticamente independentes quando o p<sub>valor</sub> obtido com o teste for menor que 0,05. Detalhamentos sobre cada um dos testes podem ser encontrados na página do Programa de Ensino-aprendizagem em Estatística na Web da UFSC – SestatNet (NASSAR et al., 2014).

Quadro 1 – Testes de hipótese utilizados para verificação quanto à adequação dos agrupamentos formados.

<b>Tipo da variável</b>	<b>Quantidade de agrupamentos formados</b>	<b>Verificação quanto à normalidade</b>	<b>Teste de hipótese aplicado</b>
Quantitativa	2 agrupamentos	Paramétrico	t de Student
		Não paramétrico	U de Whitney
	k agrupamentos	Paramétrico	t de Student
		Não paramétrico	ANOVA Kruska Wallis
Qualitativas	2 agrupamentos	Não se aplica	Qui-quadrado
	K agrupamentos	Não se aplica	Qui-quadrado

Por fim, foram apresentados os agrupamentos formados e suas características. O perfil de cada agrupamento foi determinado baseando-se nas variáveis envolvidas na análise. Os modelos de referência foram determinados a partir dos objetos com menor distância ao centroide de cada agrupamento, caracterizando-se como modelos reais (definidos a partir de características de habitações reais) e não de habitações teóricas (resultante da combinação das médias obtidas para cada variável). Este método foi aplicado a cada bloco de informações separadamente. Como resultado final, foi apresentada, para o bloco de informações referentes à forma, uma planta baixa contendo a configuração espacial da habitação, suas dimensões e orientação solar, além de um modelo computacional para simulação no programa *Energyplus*. Para o bloco de informações referentes aos materiais, foram listados aqueles que compõem cada modelo. O Quadro 2 ilustra os dados citados.

Quadro 2 – Apresentação dos resultados da análise de agrupamento para cada bloco.

Bloco de informação	Forma	Materiais
Informações	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dimensões</li> <li>• Zonas térmicas</li> <li>• Configuração espacial</li> <li>• Orientação solar</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Composição das paredes</li> <li>• Composição do piso</li> <li>• Composição da cobertura</li> <li>• Material das esquadrias</li> </ul>
Produto		

## 1.4. Resultados

A análise de agrupamento foi desenvolvida separadamente para os dois blocos de informação (forma e materiais). Os resultados são discutidos separadamente, nos itens a seguir.

### 1.4.1. Modelos de referência quanto à forma

A partir do banco de dados original com 120 casos, 17 foram excluídos por apresentar dados incompletos ou inconsistentes, resultando em uma nova base de dados composta por 103 habitações.

As características das habitações foram resumidas em 16 variáveis. Quanto à configuração dos espaços internos, foi considerada a existência ou não de sala e cozinha conjugadas e da existência ou não de ambientes de uso secundário como área de serviço, garagem e cômodo específico para realização de trabalho remunerado. Também foi considerada a quantidade de dormitórios e de banheiros. Em relação às dimensões, considerou-se a área total da edificação, a soma das áreas de convívio social (salas e cozinhas) e soma das áreas íntimas (dormitórios). Estas reduções foram feitas de forma a criar um único valor de comparação para as habitações com sala e cozinha conjugadas ou não (no caso da área social) e, da mesma forma, um valor de comparação para as habitações com diferente quantidade de dormitórios. Entretanto, foi considerada também a área média dos dormitórios, para criar uma diferenciação entre uma habitação com dois dormitórios grandes e uma com três dormitórios pequenos, por exemplo. Ainda em relação às dimensões, foram consideradas as dimensões no plano horizontal da maior e da menor fachada e a proporção resultante da razão entre a menor fachada pela maior. As dimensões das aberturas foram resumidas em uma única variável, resultante da razão entre o somatório das áreas de janela pelo somatório das áreas de fachada. Por fim, considerou-se a orientação solar da edificação, identificada como a orientação da fachada frontal. As variáveis consideradas nesta análise estão apresentadas no Quadro 3 e serão chamadas de variáveis estatísticas. As habitações serão chamadas de objetos.

Quadro 3 – Variáveis consideradas na análise de agrupamento referentes à forma da edificação.

<b>Grupo de informações</b>	<b>Variável estatística</b>	<b>Tipo da variável</b>
Configuração dos espaços internos	Sala e cozinha conjugadas	Qualitativa
	Há área de serviço?	Qualitativa
	Há garagem?	Qualitativa
	Há cômodo para trabalho remunerado?	Qualitativa
	Quantidade de dormitórios	Quantitativa
	Quantidade de banheiros	Quantitativa
	Quantidade de pavimentos	Quantitativa
Dimensões da edificação	Área total	Quantitativa
	Área social	Quantitativa
	Área íntima	Quantitativa
	Área média dos dormitórios	Quantitativa
	Dimensão maior fachada	Quantitativa
	Dimensão menor fachada	Quantitativa
	Proporção (razão entre a menor e a maior fachada)	Quantitativa
Aberturas	Área de janela/ área de fachada	Quantitativa
Relação com o entorno	Orientação da fachada frontal	Qualitativa

Na Tabela 1 são identificados os objetos atípicos com a medida  $D^2$  de Mahalanobis. Os objetos envolvidos na análise estão listados na primeira coluna. O valor de  $D^2$ , na segunda coluna, representa a distância teórica de cada objeto à média do grupo. Quanto mais distante da média, maior a chance de um objeto ser designado como atípico. Não há um valor de corte, mas um indicativo de que um objeto é atípico é quando o valor de  $D^2$  aumenta substancialmente de um objeto para outro. Pode-se observar que o aumento dos valores de  $D^2$  foi baixo entre os primeiros objetos, mas há um aumento substancial da Habitação 87 para a Habitação 45 (quase quatro unidades). Como não há um valor de corte, utilizou-se a probabilidade associada à medida  $D^2$  de Mahalanobis (apresentada na quarta coluna) como critério. Foram considerados como atípicos todos os objetos cuja probabilidade associada ao  $D^2$  foi menor que 0,001, somando ao todo seis habitações (destacadas em negrito).

Tabela 1 – Identificação de potenciais objetos atípicos com a medida  $D^2$  de Mahalanobis para a forma.

Identificação dos objetos	$D^2$ de Mahalanobis	Diferença do valor de $D^2$ em relação ao objeto anterior	Probabilidade de $D^2$
7	2,8	0,0	1,000
52	3,6	0,8	0,999
119	4,0	0,4	0,999
6	4,3	0,3	0,998
19	4,4	0,1	0,998
9	4,4	0,0	0,998
5	4,6	0,2	0,997
73	4,6	0,0	0,997
37	4,6	0,0	0,997
(valores intermediários omitidos)			
63	29,8	0,0	0,019
29	30,3	0,5	0,016
72	32,0	1,7	0,010
87	33,5	1,5	0,006
45	<b>37,3</b>	<b>3,8</b>	<b>&lt;0,000</b>
16	<b>38,3</b>	<b>1,0</b>	<b>&lt;0,000</b>
82	<b>47,9</b>	<b>9,6</b>	<b>&lt;0,000</b>
27	<b>51,8</b>	<b>3,9</b>	<b>&lt;0,000</b>
92	<b>57,1</b>	<b>5,3</b>	<b>&lt;0,000</b>
110	<b>58,6</b>	<b>1,5</b>	<b>&lt;0,000</b>

Identificados os objetos atípicos, é preciso verificar qual é a combinação de valores que difere do padrão ao longo das variáveis analisadas, o que resulta na designação do objeto como atípico.

A Tabela 2 mostra os seis objetos designados como atípicos e as suas respectivas características. Ao comparar estes valores com os resultados encontrados na etapa de levantamento (A9, MF14, SP2), vê-se que as Habitações 110, 16 e 45 diferem dos demais objetos da amostra por possuir maior quantidade de dormitórios (cinco, quatro e quatro, respectivamente), sendo que a porcentagem de ocorrência de habitações com quatro ou cinco dormitórios representa apenas 8% da amostra (um valor muito baixo). Quanto a quantidade de pavimentos, a Habitação 82 é a única da amostra que possui três pavimentos (ocorre em menos de 1% dos casos da amostra). A Habitação 92 apresenta 17% de área de janela por área de fachada, enquanto a média da amostra é de 6% e o desvio padrão de 1,93%. Alguns valores de área total, área social e área íntima estão muito acima da média. As características dos objetos identificados como atípicos (acima ou abaixo de um desvio padrão em relação à média, ou com baixa porcentagem de ocorrência na amostra) estão destacados na Tabela 2. Estes objetos foram eliminados da amostra em análise.

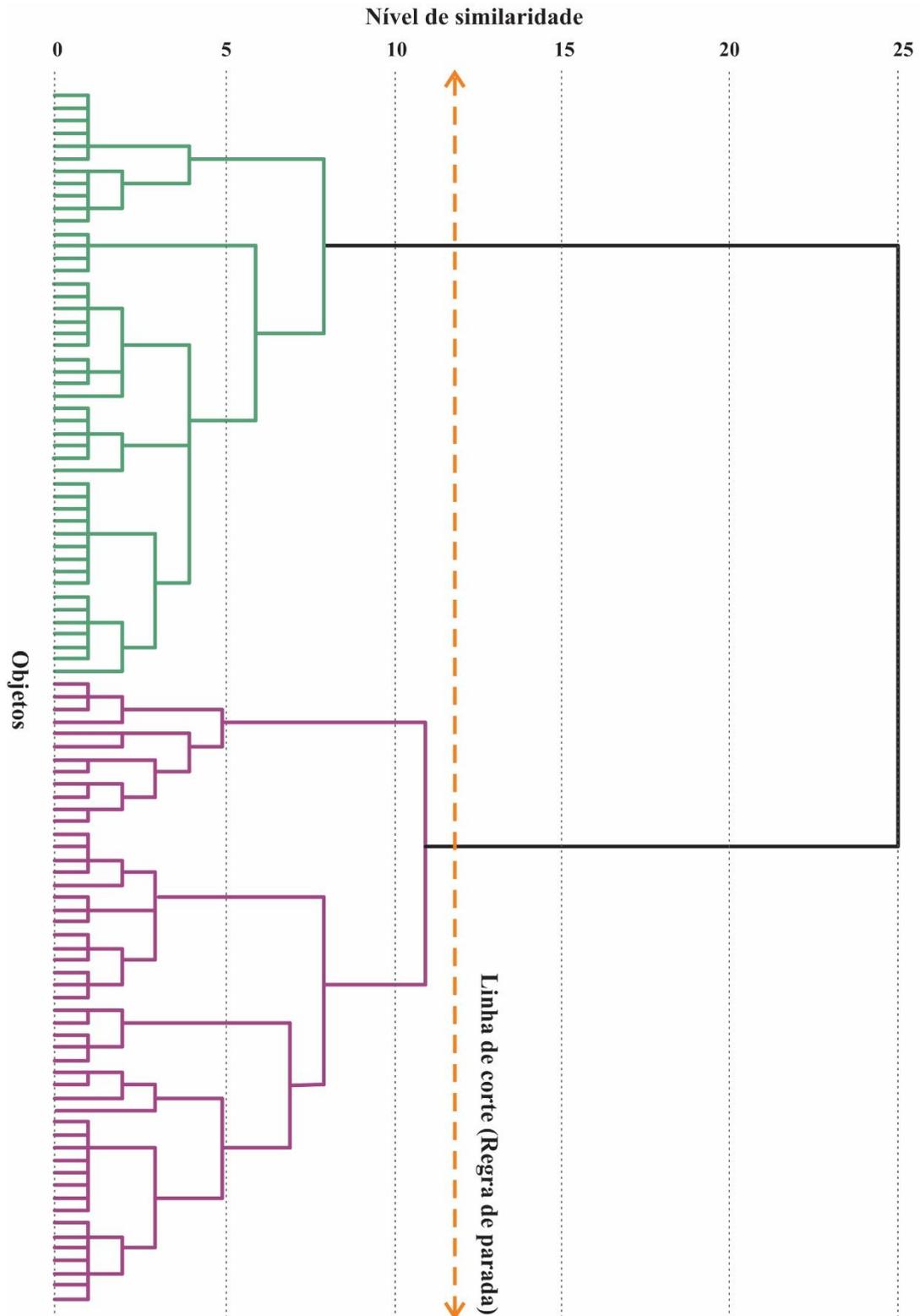
A análise prosseguiu então com 97 objetos compondo a matriz de dados, que foi submetida inicialmente a técnicas hierárquicas.

Tabela 2 – Características dos objetos identificados como atípicos para todas as variáveis envolvidas na análise.

Variáveis envolvidas na análise	Características dos objetos identificados como atípicos					
	Identificação dos objetos					
	110	92	27	82	16	45
<b>Sala e cozinha conjugadas?</b>	Não	Não	Sim	Sim	Não	Sim
<b>Quantidade de dormitórios</b>	<b>5</b>	2	1	3	<b>4</b>	<b>4</b>
<b>Quantidade de banheiros</b>	1	2	2	1	2	2
<b>Área de serviço?</b>	Não	Sim	Não	Não	Não	Não
<b>Garagem?</b>	Não	Não	Não	Não	Não	Sim
<b>Cômodo de trabalho?</b>	Não	Não	Não	Não	Não	Sim
<b>Quantidade de pavimentos</b>	2	1	1	<b>3</b>	2	1
<b>Orientação da fachada frontal</b>	Sul	Leste	Sul	Norte	Oeste	Norte
<b>Dimensão da maior fachada (m)</b>	7,00	11,20	9,84	6,65	<b>12,03</b>	<b>13,33</b>
<b>Dimensão da menor fachada (m)</b>	4,96	<b>9,95</b>	6,09	3,35	<b>8,13</b>	<b>9,19</b>
<b>Proporção entre as dimensões da menor e maior fachada</b>	0,68	0,89	0,62	0,50	0,68	0,69
<b>Área de janela/ área de fachada</b>	5,00	<b>17,00</b>	6,80	4,30	3,50	<b>2,10</b>
<b>Área total (m<sup>2</sup>)</b>	56,00	<b>111,87</b>	70,36	76,74	<b>140,52</b>	<b>94,28</b>
<b>Área social (m<sup>2</sup>)</b>	28,25	<b>45,75</b>	20,78	18,85	<b>43,06</b>	<b>9,71</b>
<b>Área íntima (m<sup>2</sup>)</b>	22,41	25,26	20,00	<b>38,15</b>	<b>37,81</b>	<b>41,24</b>
<b>Área média dos dormitórios (m<sup>2</sup>)</b>	<b>5,60</b>	<b>12,63</b>	<b>19,99</b>	<b>12,72</b>	9,45	10,31

O processo hierárquico começa considerando cada objeto como um agrupamento unitário. A cada nova etapa, dois agrupamentos distintos se unem para dar origem a um novo agrupamento. Este processo se repete até que todos os objetos estejam dentro de um mesmo agrupamento. A Figura 5 e a Tabela 3 apresentam o resultado deste processo. A Figura 5 apresenta o dendograma, que é uma representação gráfica dos resultados em formação de árvore, gerada pelo programa SPSS. Os agrupamentos estão listados no eixo vertical, enquanto os níveis de similaridade encontrados a cada união, no eixo horizontal. Nas etapas iniciais (da esquerda para a direita) são unidos os agrupamentos unitários, ao passo que nas etapas finais os agrupamentos são formados por objetos já agrupados anteriormente. No dendograma é possível visualizar como cada um dos agrupamentos é formado ao longo das etapas (que agrupamentos se unem e quando). Uma inspeção visual permite propor a quantidade de agrupamentos ideal, correspondendo a etapa anterior em que o nível de similaridade referente à união de dois agrupamentos foi relativamente maior que nas etapas anteriores. No caso da Figura 5, verificou-se, com a união dos dois últimos agrupamentos, um grande aumento na medida de similaridade (aproximadamente 25), quase o dobro do valor da etapa anterior (aproximadamente 12).

Figura 5 – Dendograma do processo hierárquico da forma.



A Tabela 3, chamada de programa de aglomeração, descreve cada etapa do processo. A primeira coluna indica a etapa em que dois agrupamentos distintos (apresentados nas colunas 2 e 3) se unem, formando um novo agrupamento. O coeficiente de aglomeração obtido a partir dessa união é apresentado na quarta coluna, representando o grau de heterogeneidade do novo agrupamento. As duas colunas seguintes mostram a primeira vez (primeira etapa) em que os agrupamentos

apresentados nas colunas 2 e 3 surgiram no processo. A última coluna mostra em que etapa o novo agrupamento aparece novamente.

Tabela 3 – Programa de aglomeração do processo hierárquico da forma.

Etapa	Agrupamentos combinados		Coeficiente de Aglomeração	Etapa em que o agrupamento apareceu pela primeira vez		Próximo estágio em que o novo agrupamento aparece
	Agrupamento 1	Agrupamento 2		Agrupamento 1	Agrupamento 2	
1	71	72	0,0	0	0	7
2	6	9	0,0	0	0	3
3	5	6	0,1	0	2	18
4	21	50	0,5	0	0	15
5	70	82	0,9	0	0	64
6	4	62	1,4	0	0	37
7	71	73	1,9	1	0	38
8	32	96	2,5	0	0	17
9	2	68	3,3	0	0	34
10	43	52	4,1	0	0	50
(etapas intermediárias omitidas)						
86	41	53	587,9	53	75	93
87	2	8	619,9	81	74	88
88	2	7	656,0	87	76	91
89	10	14	695,0	73	85	95
90	1	38	739,8	83	82	92
91	2	70	787,6	88	64	93
92	1	12	844,6	90	69	94
93	2	41	910,5	91	86	96
94	1	13	982,5	92	84	95
95	1	10	1077,9	94	89	96
96	1	2	1306,6	95	93	0

Desta forma, na etapa 1 os agrupamentos 71 e 72 se uniram para formar um único agrupamento para o qual, por convenção neste trabalho, adotou-se o mesmo nome do agrupamento 1 da etapa em questão. O coeficiente de aglomeração obtido a partir desta união foi 0,004. É um valor relativamente baixo, o que significa que a heterogeneidade produzida foi pequena, ou seja, os dois agrupamentos possuíam características muito semelhantes. Nas colunas seguintes vê-se que nenhum dos dois agrupamentos iniciais (71 e 72) apareceu antes, concluindo-se então que são agrupamentos unitários (formados por apenas um objeto). Por fim, a última coluna mostra que o novo agrupamento 71 (formado pela união dos agrupamentos 71 e 72) só surge novamente no processo na etapa 7, onde se uniu ao agrupamento 73.

Observa-se também, que quase todos os agrupamentos que se uniram nas dez primeiras etapas eram agrupamentos unitários (verificar valor zero na quinta e sexta coluna), enquanto nos dez últimos todos os agrupamentos já apareceram em outras etapas. Não ter nenhum agrupamento unitário nas últimas etapas é um bom indicativo de que de fato não há mais objetos atípicos na amostra, pois, caso existissem, se uniriam a outros agrupamentos apenas nas etapas finais.

Outro ponto a ser observado é o grau de heterogeneidade obtido a cada nova união, representado pelo coeficiente de aglomeração. Como já esperado, o valor do coeficiente aumenta gradativamente a cada etapa, mostrando que as características dos objetos unidos em um mesmo agrupamento é cada vez mais divergente. Nas últimas duas etapas, o coeficiente de aglomeração apresentou um aumento substancial de uma etapa para outra; portanto, se concluiu que aquela união provocou um aumento maior na heterogeneidade do agrupamento do que nas demais etapas. Este é um indicativo de que esses dois agrupamentos não deveriam ser unidos.

Embora o exame do coeficiente de aglomeração e do dendograma possam oferecer uma indicação da melhor etapa para aplicar a regra de parada (etapa onde é feito o corte para determinação da quantidade de agrupamentos), o aumento da heterogeneidade é melhor quantificado pelo cálculo das variações percentuais de heterogeneidade. Este valor é obtido a partir da razão entre a diferença dos coeficientes de aglomeração da etapa atual e da anterior pelo coeficiente de aglomeração da etapa anterior. Um aumento substancial no percentual de heterogeneidade indica o melhor ponto para fazer o corte. A quantidade ideal de agrupamentos é aquela da etapa anterior ao maior aumento percentual obtido. A Tabela 4 apresenta o aumento percentual de heterogeneidade obtido em cada uma das últimas dez etapas do processo hierárquico. Conforme esperado (baseando-se no que foi visto no dendograma e no programa de aglomeração), o maior aumento percentual de heterogeneidade acontece no último estágio (21,21%), ao juntar os dois agrupamentos finais. Desta forma, considera-se que a solução de dois agrupamentos (quantidade de agrupamentos da etapa anterior ao aumento de 21,21%) é a melhor para a amostra em análise.

A Tabela 5 apresenta um intervalo de soluções preliminares considerando de dois a dez agrupamentos (quantidade final de agrupamentos formados). Os valores em cada coluna de solução representam a quantidade de objetos em cada agrupamento (linhas) em cada etapa (colunas). Por exemplo, na etapa 87, há ao todo dez agrupamentos. O agrupamento 9 possui 22 objetos e o agrupamento 1, dez objetos. Estes dois agrupamentos foram unidos na etapa 88 para formar um agrupamento de 32 objetos, e assim por diante. Verifica-se que na etapa 91 ainda há um agrupamento com apenas cinco objetos, ou seja, pouco representativo da população (menos de 10% da amostra). Caso as etapas anteriores tivessem indicado uma solução de seis agrupamentos ou mais, estes objetos deveriam ser eliminados e o processo de agrupamento deveria ser reespecificado. A partir da etapa 92 até a etapa 96, entretanto, os agrupamentos já são compostos por maior quantidade de objetos, descartando a opção de serem eliminados do estudo.

Tabela 4 – Variação dos percentuais de heterogeneidade a cada etapa do processo hierárquico referente à forma.

Etapa	Regra de Parada		
	Quantidade de agrupamentos formados em cada etapa	Coeficiente de aglomeração	Aumento percentual do coeficiente de aglomeração em relação a etapa anterior (%)
(etapas anteriores omitidas)			
88	9	656,0	5,8
89	8	695,0	5,9
90	7	739,8	6,4
91	6	787,6	6,4
92	5	844,6	7,2
93	4	910,5	7,7
94	3	982,5	7,9
95	2	1077,9	9,7
96	1	1306,6	<b>21,2</b>

Tabela 5 – Intervalo de soluções dos agrupamentos do processo hierárquico referente à forma.

10 agrupamentos finais	Soluções para cada etapa (quantidade de objetos em cada agrupamento)									
	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96
Identificação										
1	10									
2	8	8								
3	4	4	4							
4	4	4	4	4						
5	5	5	5	5	5					
6	11	11	11	11	11	11				
7	14	14	14	14	14	14	14			
8	4	4	12	12	12	12	12	12		
9	22	32	32	32	36	36	47	47	47	
10	15	15	15	19	19	24	24	38	50	97

Como para a solução de dois agrupamentos, definida como melhor solução através da análise do percentual de variação da heterogeneidade (Tabela 4), não há agrupamentos formados por uma quantidade muito pequena de objetos, não houve necessidade de reespecificação da análise, partindo para a aplicação das técnicas não hierárquicas de agrupamento. No procedimento não hierárquico (k-médias), a convergência foi alcançada após a quinta interação (quando os objetos não mudam mais de agrupamento). Foram formados dois agrupamentos, um com 48 objetos (agrupamento 1) e outro com 49 objetos (agrupamento 2).

Para complementar a análise, são apresentados nas Tabelas 6 e 7 os resultados dos testes de hipótese para as variáveis envolvidas na análise. Como não foi possível confirmar a normalidade para a maioria das variáveis, aplicou-se o teste U de Mann-Whitney para as variáveis quantitativas e o teste Qui-quadrado para as variáveis qualitativas. Das dezesseis variáveis consideradas, nove confirmaram a independência estatística entre os agrupamentos formados, a um nível de significância de 0,05. Para as variáveis quantitativas, apenas a razão entre a área de janela pela área de fachada não rejeitou a hipótese de igualdade. Para as variáveis qualitativas, apenas as variáveis sala e cozinha conjugadas e quantidade de dormitórios rejeitaram a hipótese de igualdade, para um nível de significância de 0,05.

Tabela 6 – Comparação das médias das variáveis quantitativas dos agrupamentos referentes à forma, através do teste U de Mann-Whitney (nível de significância  $p < 0,05$ ).

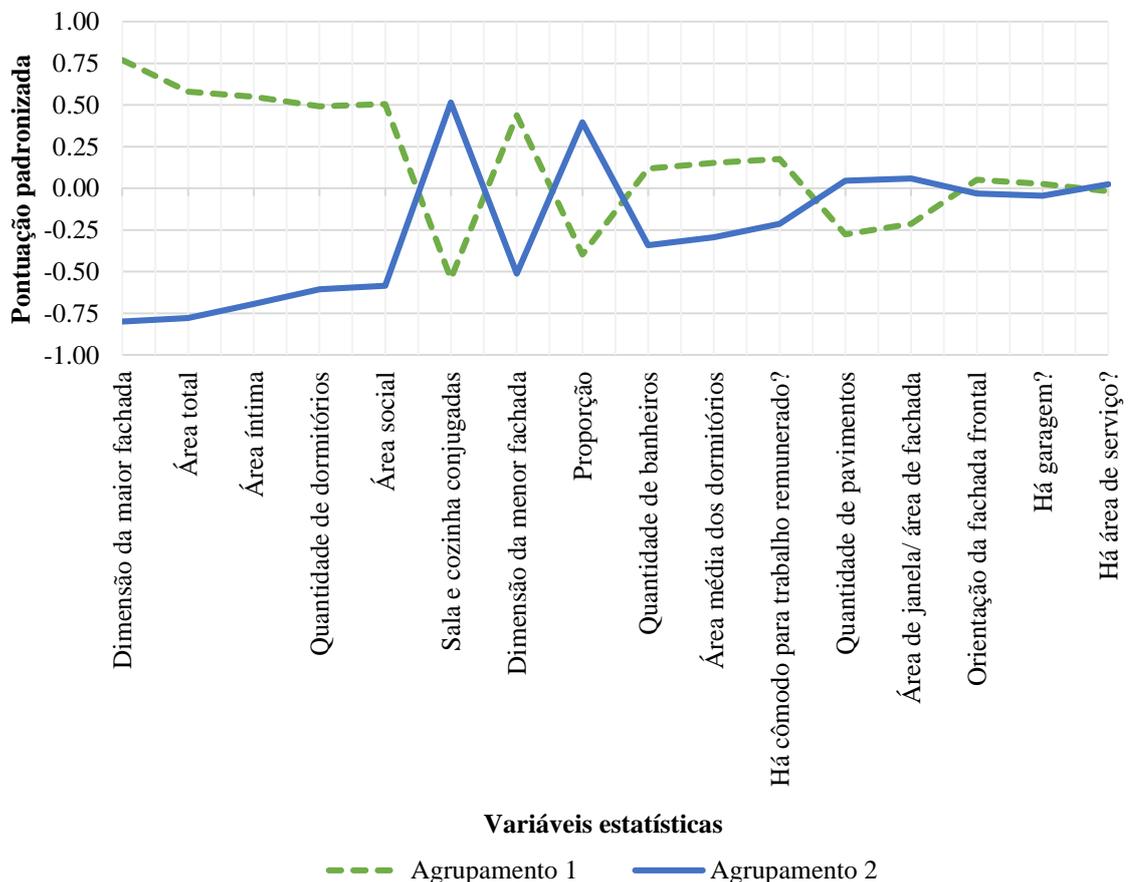
Variáveis (Z-score)	P valor
Área total	<0,00
Área social	<0,00
Área íntima	<0,00
Área média dos dormitórios	0,02
Dimensão da maior fachada	<0,00
Dimensão da menor fachada	<0,00
Proporção	<0,00
Área de janela/ área de fachada	0,07

Tabela 7 – Comparação das médias das variáveis qualitativas dos agrupamentos referentes à forma, através do teste Qui-quadrado (nível de significância  $p < 0,05$ ).

Variáveis (Z-score)	P valor
<b>Sala e cozinha conjugadas</b>	<b>&lt;0,00</b>
Há área de serviço?	0,08
Há garagem?	0,72
Há cômodo para trabalho remunerado?	0,06
<b>Quantidade de dormitórios</b>	<b>&lt;0,00</b>
Quantidade de banheiros	0,25
Quantidade de pavimentos	0,23
Orientação da fachada frontal	0,69

A Figura 6 apresenta o perfil de cada agrupamento, através do centroide de cada variável. Os valores são apresentados em pontuações padronizadas, e não absolutas, por terem assim sido utilizados durante toda a análise. Observa-se que para cada variável os centroides dos diferentes agrupamentos apresentam magnitudes aproximadas, mas sinal oposto. Graficamente, observa-se que as linhas que representam cada agrupamento assumem um comportamento espelhado, com mesmo padrão, mas sentido oposto. Pode-se concluir, a partir desse comportamento, que os agrupamentos de fato se diferem, confirmando o que já foi visto com os resultados dos testes de hipótese. Fica evidente também que as variáveis com menor  $p_{\text{valor}}$ , como, por exemplo, a existência de sala e cozinha conjugadas e área total, estão mais distantes entre si (ou seja, se diferem), enquanto as variáveis que não rejeitaram a hipótese de igualdade, como, por exemplo, a existência de área de serviço, os centroides estão bem próximos.

Figura 6 – Perfil dos agrupamentos conforme as variáveis envolvidas na análise referente à forma.



A definição do modelo de referência baseou-se no conceito de edifício real (*Real Reference Building*), proposto nas diretrizes do EPBD *recast* (2010), que o descreve como sendo a edificação cujas características mais se aproximam da média do grupo, em todas as variáveis. Neste estudo, os modelos de referência de cada agrupamento foram designados como sendo o objeto mais próximo ao centroide (média multivariada do agrupamento). A habitação 119 foi designada como modelo de referência do agrupamento 1, enquanto a habitação 52 foi designada como modelo de referência do agrupamento 2, a uma distância de 1,435 e 1,125 do centroide de cada agrupamento, respectivamente. Observando a Tabela 1 novamente, pode-se notar que estes dois objetos apresentaram de fato um bom índice de  $D^2$ . É importante ressaltar que o modelo de referência baseado no edifício real não possui os valores de cada variável iguais às médias do grupo, podendo inclusive possuir alguma característica bem diferente da média do agrupamento. Neste caso, é preciso ponderar se mantém-se no modelo a característica da habitação real ou se deve ser adotada a média do agrupamento.

As Tabelas 8 e 9 apresentam as características descritivas de cada agrupamento, juntamente com as características do modelo de referência, para todas as variáveis utilizadas na análise (qualitativas e quantitativas, respectivamente). Observou-se que os valores encontrados para cada variável do modelo de referência encontram-se perto da média do seu agrupamento, a partir do que se conclui que os modelos se ajustaram bem aos agrupamentos. Para as variáveis qualitativas (Tabela 8), verificou-se que os modelos de referência possuem as características iguais a maior frequência de ocorrência de cada variável. Por exemplo, para a variável sala e cozinha conjugadas, 83% dos objetos do agrupamento 1 não possuem sala e cozinha conjugadas, assim como o seu modelo. O mesmo acontece para o agrupamento 2: 69% dos objetos possuem a sala e a cozinha conjugadas, assim como o seu modelo. No caso das variáveis quantitativas, para todas as variáveis os valores dos modelos estão dentro do intervalo de um desvio padrão a partir da média. Por exemplo, a média referente a área total do agrupamento 1 é  $68,73\text{m}^2$  e seu desvio  $10,86\text{m}^2$ , determinando um intervalo de  $57,87\text{m}^2$  a  $79,59\text{m}^2$ . A área total do modelo de referência deste agrupamento (que é a habitação 119, já mencionado) é de  $76,00\text{m}^2$  e se enquadra dentro deste intervalo. Verificou-se também que os dois modelos se diferem entre si nas características referentes às variáveis que rejeitaram a hipótese de igualdade de médias, sendo praticamente iguais nas demais.

Tabela 8 – Perfil dos agrupamentos ao longo das variáveis qualitativas na análise da forma.

A sala e a cozinha são conjugadas? (%)	Agrupamento 1	Agrupamento 2
<b>Não</b>	83	31
<b>Sim</b>	17	69
Modelo de referência	Não	Sim

Há área de serviço? (%)	Agrupamento 1	Agrupamento 2
Não	81	80
Sim	19	20
Modelo de referência	Não	Não

Há garagem? (%)	Agrupamento 1	Agrupamento 2
<b>Não</b>	88	90
<b>Sim</b>	12	10
Modelo de referência	Não	Não

Há ambiente próprio para trabalho? (%)	Agrupamento 1	Agrupamento 2
<b>Não</b>	88	98
<b>Sim</b>	12	2
Modelo de referência	Não	Não

Quantidade de dormitórios (%)	Agrupamento 1	Agrupamento 2
<b>1</b>	4	31
<b>2</b>	32	63
<b>3</b>	54	6
<b>4</b>	10	0
Modelo de referência	3	2

Quantidade de banheiros (%)	Agrupamento 1	Agrupamento 2
<b>0</b>	0	2
<b>1</b>	88	98
<b>2</b>	12	0
Modelo de referência	1	1

Quantidade de pavimentos (%)	Agrupamento 1	Agrupamento 2
<b>1</b>	100	90
<b>2</b>	0	10
Modelo de referência	1	1

Orientação da fachada frontal (%)	Agrupamento 1	Agrupamento 2
<b>Norte</b>	27	24
<b>Sul</b>	19	27
<b>Leste</b>	24	27
<b>Oeste</b>	30	22
Modelo de referência	Leste	Leste

Tabela 9 – Perfil dos agrupamentos ao longo das variáveis quantitativas na análise da forma.

Dimensão da maior fachada (m)	Agrupamento 1	Agrupamento 2
<b>Média</b>	10,96	7,31
<b>Desvio padrão</b>	1,46	1,35
Modelo de referência	11,00	7,35
Dimensão da menor fachada (m)	Agrupamento 1	Agrupamento 2
<b>Média</b>	6,64	5,37
<b>Desvio padrão</b>	1,14	0,96
Modelo de referência	7,03	5,50
Proporção entre menor e maior fachada	Agrupamento 1	Agrupamento 2
<b>Média</b>	0,62	0,75
<b>Desvio padrão</b>	0,15	0,15
Modelo de referência	0,65	0,75
Área de janela/ área de fachada (%)	Agrupamento 1	Agrupamento 2
<b>Média</b>	3,67	4,20
<b>Desvio padrão</b>	1,61	1,22
Modelo de referência	3,00	4,40
Área total (m <sup>2</sup> )	Agrupamento 1	Agrupamento 2
<b>Média</b>	68,73	41,43
<b>Desvio padrão</b>	10,86	10,44
Modelo de referência	76,00	37,09
Área social (m <sup>2</sup> )	Agrupamento 1	Agrupamento 2
<b>Média</b>	25,78	17,22
<b>Desvio padrão</b>	6,83	5,09
Modelo de referência	30,72	16,50
Área íntima (m <sup>2</sup> )	Agrupamento 1	Agrupamento 2
<b>Média</b>	24,79	14,59
<b>Desvio padrão</b>	6,51	5,02
Modelo de referência	26,90	17,05
Área média dos dormitórios (m <sup>2</sup> )	Agrupamento 1	Agrupamento 2
<b>Média</b>	9,47	8,46
<b>Desvio padrão</b>	2,00	1,81
Modelo de referência	8,97	8,53

As Figuras 7 e 8 apresentam a configuração gráfica dos modelos de referência dos agrupamentos 1 e 2, respectivamente. O modelo de referência do agrupamento 1 é uma habitação maior (área e dimensões), com sala e cozinhas independentes e três dormitórios, enquanto o modelo de referência do agrupamento 2 é uma habitação menor, com sala e cozinha integrada e dois dormitórios. Os dois modelos possuem apenas um banheiro, e não possuem nem área de serviço, nem garagem, tão pouco ambiente próprio para trabalho.

Observa-se que o modelo do agrupamento 1 possui duas janelas no banheiro, o que é bem incomum. Como mencionado anteriormente, por se tratar de um modelo real, é possível que alguma característica do modelo difira da média do grupo, podendo ser esta descartada e adotada então a média do grupo. Assim, neste caso, adotou-se para o modelo de referência do agrupamento 1 apenas uma janela, mas com mesma área de janela que a do modelo.

De forma geral, os dois modelos mostraram-se bastante satisfatórios, diferindo em critérios importantes para a simulação, como as dimensões da envoltória e os ambientes de longa permanência. Por outro lado, para características igualmente importantes, como a dimensão das janelas, foi similar. Isso aconteceu porque não há de fato grande diferenciação na amostra quanto a esta variável. Conclui-se, baseando-se nos conceitos de análise de agrupamentos, que a formação dos agrupamentos foi adequada.

Figura 7 – Configuração do modelo de referência do agrupamento 1 da forma.

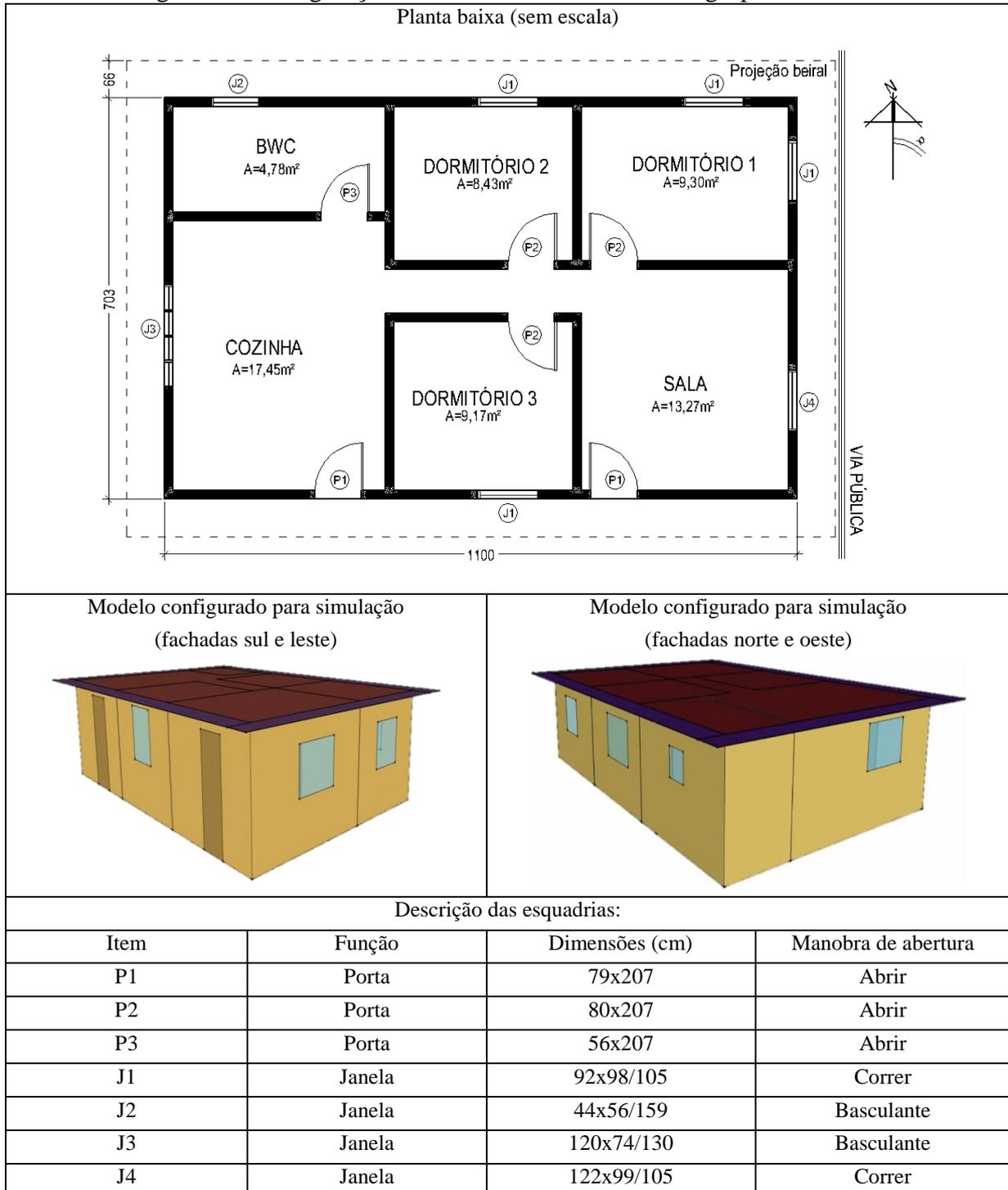
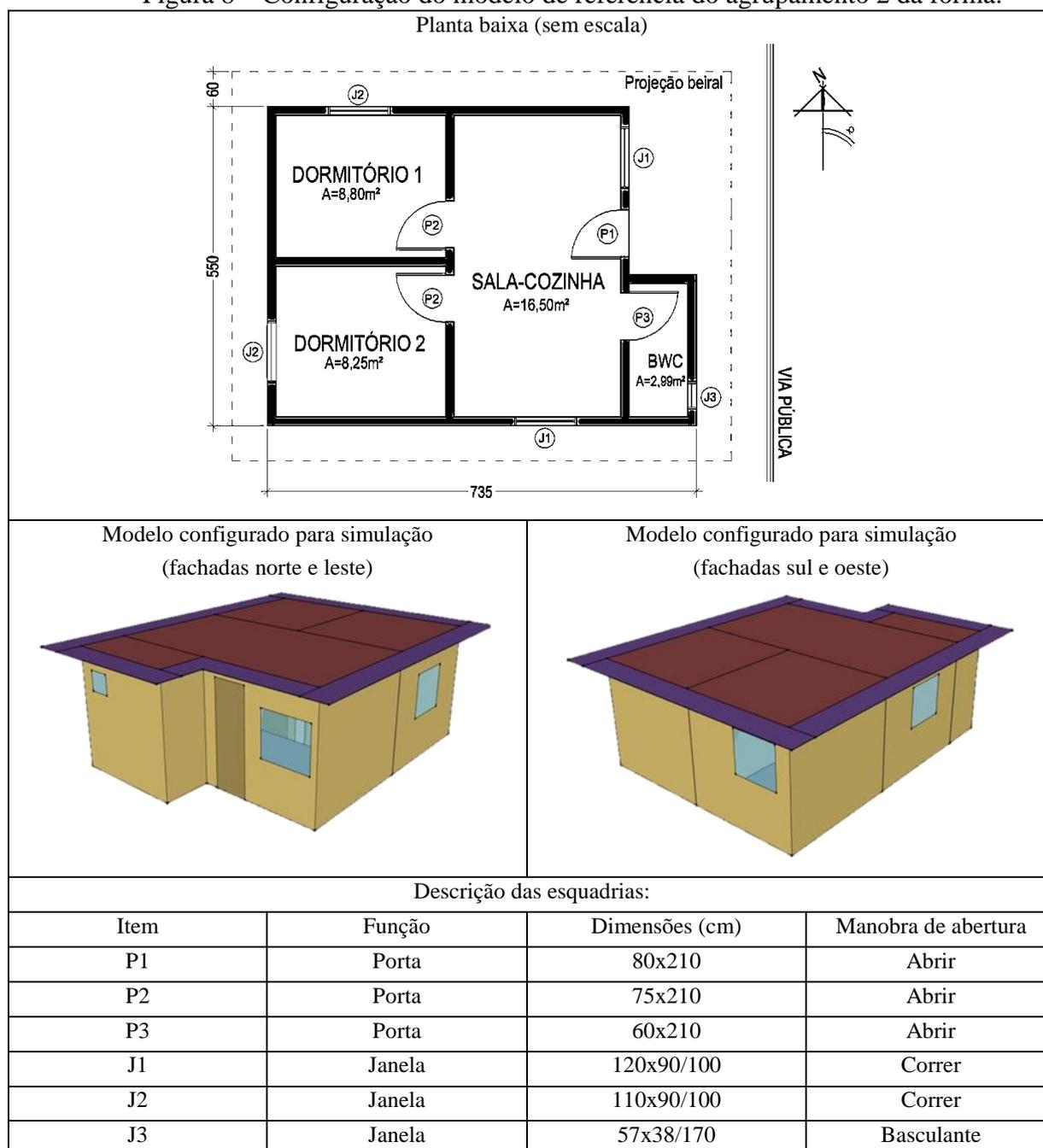


Figura 8 – Configuração do modelo de referência do agrupamento 2 da forma.



### 1.4.2. Modelos de referência quanto aos materiais

No bloco dos materiais, quatorze habitações foram excluídas do banco de dados original por apresentarem dados incompletos ou inconsistentes, dando origem a um novo banco de dados com apenas 106 habitações.

Como explicado no item de levantamentos (4.1.4), as composições dos sistemas construtivos encontradas em campo mostraram-se muito heterogêneas, havendo a necessidade de simplificá-las. Desta forma, resumiu-se as características das habitações para análise em dez variáveis, representando a composição das paredes, da cobertura, do piso e das esquadrias. A composição das paredes foi separada em duas variáveis, que descreviam a composição das paredes nas áreas secas (onde não há equipamentos hidráulicos, como sala e dormitórios) e composição das paredes nas áreas molhadas (onde há equipamentos hidráulicos instalados, tais como cozinha e banheiro). Foram

considerados três tipos diferentes de parede, baseados no elemento estrutural das divisórias: paredes de madeira, paredes de bloco cerâmico e paredes de bloco de concreto. A composição dos pisos também foi separada em duas variáveis, considerando também as áreas secas e áreas molhadas. As composições consideradas foram: piso em madeira, piso em concreto sem revestimento cerâmico ou piso em concreto com revestimento cerâmico. Foi considerado ainda, em relação ao piso, o contato ou não desta superfície com o solo. A composição das coberturas foi separada em três variáveis: tipo de telha (ausente, fibrocimento ou cerâmica), existência ou não de laje de concreto e forro (ausente, madeira, PVC ou gesso). Por fim, o material das esquadrias foi separado em duas variáveis: caixilho das portas (madeira, alumínio ou PVC) e caixilho das janelas (madeira, alumínio, PVC ou misto).

Algumas variáveis, embora importantes para análise de desempenho térmico, não foram consideradas aqui. Um exemplo é a espessura das paredes, que não foi considerada pois, além de muitos questionários não possuírem esta informação, mesmo os que a possuíam eram questionáveis devido a forma como foram levantados. Os acabamentos (reboco e revestimento cerâmico, por exemplo) das paredes também não foram considerados por não possuírem padrão nenhum nas casas, sendo muito complicada a sua inclusão na análise. A absorvância não foi considerada por ser uma variável muito volúvel (ou seja, pode ser alterada facilmente). O valor adotado destas variáveis nos modelos será a média dos valores das habitações.

O Quadro 4 apresenta as variáveis envolvidas na análise de agrupamentos para o bloco de materiais.

Quadro 4 – Variáveis consideradas na análise de agrupamento referente aos materiais.

Grupo de informações	Variável estatística	Tipo da variável
Composição das paredes	Composição das paredes das áreas secas	Qualitativa
	Composição das paredes das áreas molhadas	Qualitativa
Composição do piso	Composição do piso das áreas secas	Qualitativa
	Composição do piso das áreas molhadas	Qualitativa
	Contato com o solo	Qualitativa
Composição da cobertura	Tipo da telha	Qualitativa
	Existência de laje de concreto	Qualitativa
	Material do forro	Qualitativa
Material das esquadrias	Material do caixilho das portas	Qualitativa
	Material do caixilho das janelas	Qualitativa

Os valores encontrados para a medida  $D^2$  de Mahalanobis, juntamente com a probabilidade associada a esta medida, estão apresentados na Tabela 10. Foram designados como objetos atípicos aqueles cuja probabilidade associada ao  $D^2$  foi menor que 0,001. No bloco dos materiais, nenhum objeto obteve este valor, não existindo portanto nenhum objeto considerado atípico. Todos os 106 objetos foram considerados na análise de agrupamento. É interessante observar que os primeiros objetos listados na Tabela 10 possuem a medida  $D^2$  igual ou muito similar, indicando que as composições dos sistemas construtivos destas habitações são iguais ou muito similares.

Como nenhum objeto foi excluído, a análise hierárquica foi realizada com uma matriz de dados composta por 106 objetos e dez variáveis. Os resultados são apresentados na Figura 9 e na Tabela 11.

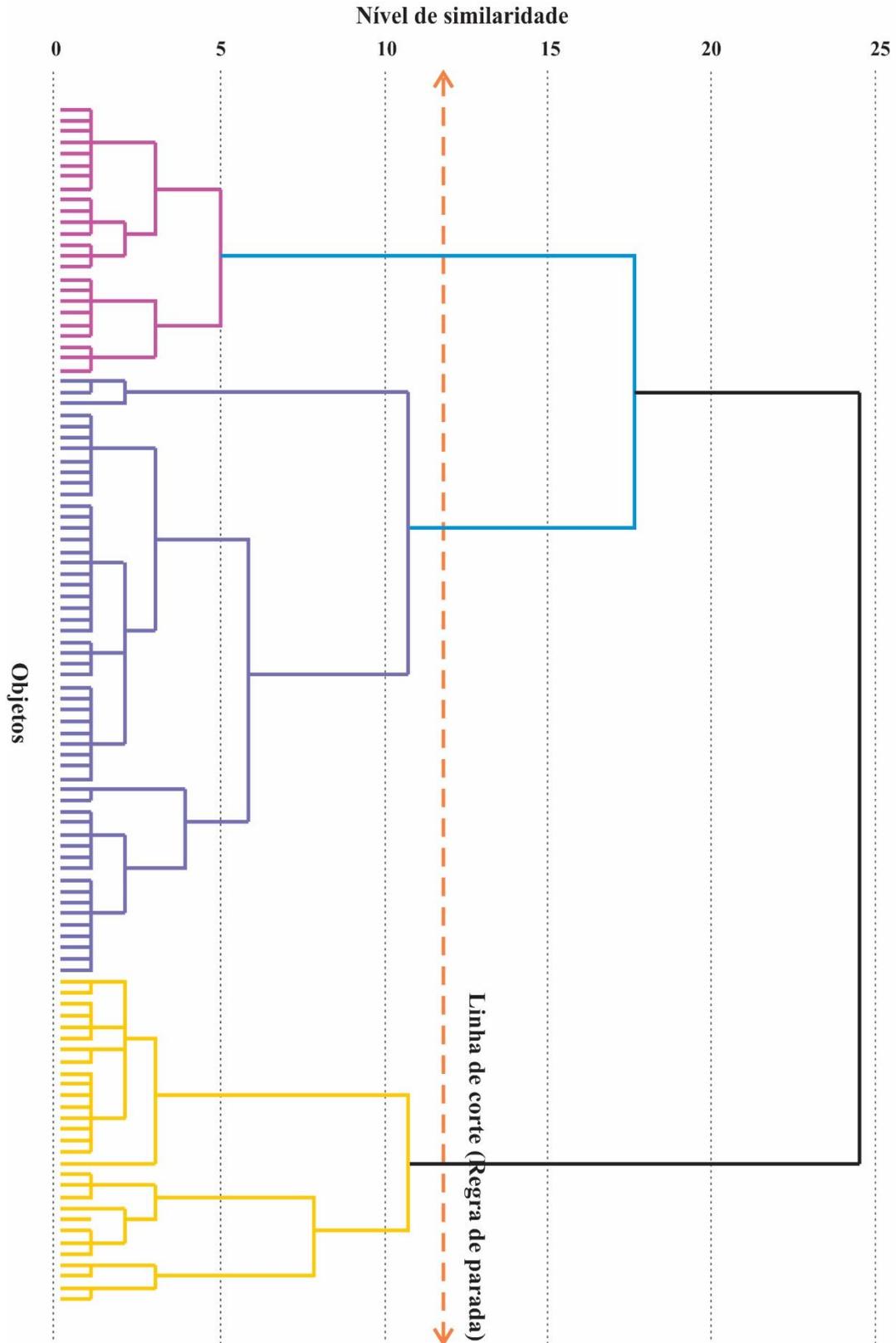
Tabela 10 – Identificação de potenciais objetos atípicos com a medida  $D^2$  de Mahalanobis do bloco dos materiais.

Identificação do objeto	$D^2$ de Mahalanobis	Diferença do valor de $D^2$ em relação ao objeto anterior	Probabilidade de $D^2$
16	3,6	0,0	0,960
28	3,6	0,0	0,960
19	3,6	0,0	0,960
40	3,6	0,0	0,960
82	3,6	0,0	0,960
85	3,6	0,0	0,960
90	3,6	0,0	0,960
92	3,6	0,0	0,960
39	3,9	0,3	0,950
30	3,9	0,0	0,950
(valores intermediários omitidos)			
10	22,1	1,1	0,010
81	24,9	2,8	0,010
61	26,6	1,7	0,010
6	28,3	1,9	0,006
84	31,0	2,7	0,006
109	32,1	1,1	0,003
76	32,2	0,1	0,003
8	34,8	2,6	0,003
3	36,7	1,9	0,002
31	37,9	1,2	0,002

Com o exame do dendograma (Figura 9), foi possível propor a quantidade de soluções ideal (quantidade de agrupamentos a serem formados) para esta amostra. Um dos critérios utilizados para definir a quantidade de agrupamentos é verificar em que ponto o nível de similaridade, após a união de dois agrupamentos, sofre um aumento maior que nas etapas anteriores. Na Figura 9, foi possível verificar isto em dois momentos: na união dos dois agrupamentos finais (nível de similaridade de aproximadamente 25), indicando uma solução de dois agrupamentos, e na união anterior (nível de similaridade de aproximadamente 15), indicando uma solução com três agrupamentos.

Da mesma forma como foi visto no bloco da forma, os agrupamentos que se unem nas primeiras etapas são agrupamentos unitários (etapa em que o agrupamento aparece a primeira vez é zero), enquanto os últimos são agrupamentos que já apareceram em outras etapas, confirmando a inexistência de objetos atípicos na matriz de dados.

Figura 9 – Dendograma do processo hierárquico dos materiais.



Quanto ao grau de heterogeneidade obtido, foi observado que as duas últimas uniões (etapas 104 e 105) resultaram em um aumento substancial do coeficiente de aglomeração em relação às etapas anteriores. Assim, para o bloco de materiais há duas possíveis soluções: uma com formação de dois agrupamentos e outra com formação de três agrupamentos.

Tabela 11 – Programa de aglomeração do processo hierárquico dos materiais.

Etapa	Agrupamentos combinados		Coeficiente de Aglomeração	Etapa em que o agrupamento apareceu pela primeira vez		Próximo estágio em que o novo agrupamento aparece
	Agrupamento 1	Agrupamento 2		Agrupamento 1	Agrupamento 2	
1	91	100	0,0	0	0	6
2	98	99	0,0	0	0	3
3	76	98	0,0	0	2	61
4	69	93	0,0	0	0	44
5	67	92	0,0	0	0	81
6	45	91	0,0	0	1	78
7	11	90	0,0	0	0	49
8	87	89	0,0	0	0	9
9	19	87	0,0	0	8	15
10	50	85	0,0	0	0	42
(etapas intermediárias omitidas)						
96	6	73	364,4	73	72	101
97	5	11	390,9	91	76	100
98	2	10	424,6	86	79	100
99	1	14	466,9	92	93	104
100	2	5	517,0	98	97	103
101	3	6	587,9	94	96	102
102	3	7	679,3	101	95	105
103	2	32	772,9	100	89	104
104	1	2	929,2	99	103	105
105	1	3	1155,0	104	102	0

Para confirmar a proposta de solução indicada pelo dendograma e pelo programa de aglomeração, apresenta-se na Tabela 12 a variação dos percentuais de heterogeneidade obtidos a cada nova união. Como já foi mencionado, um aumento substancial no percentual de heterogeneidade indica o melhor ponto para fazer o corte (interromper o processo de agrupamento). No caso do bloco dos materiais, verifica-se que existem duas soluções adequadas. A primeira seria fazer o corte na etapa 103, propondo uma solução com três agrupamentos, devido ao aumento percentual de 20,22% do coeficiente de aglomeração em relação à união anterior. A segunda solução seria fazer o corte na etapa 104, propondo uma solução com apenas dois agrupamentos, com aumento percentual do coeficiente de aglomeração de 24,29%. Esse resultado confirma as indicações previstas no dendograma e no programa de aglomeração, concluindo então que são adequadas.

Tabela 12 – Variação dos percentuais de heterogeneidade a cada etapa do processo hierárquico referente aos materiais.

Etapa	Regra de Parada		
	Quantidade de agrupamentos formados em cada etapa	Coefficiente de aglomeração	Aumento percentual do coeficiente de aglomeração em relação a etapa anterior (%)
(etapas anteriores omitidas)			
96	10	364,4	<b>7,3</b>
97	9	390,9	<b>7,2</b>
98	8	424,6	<b>8,6</b>
99	7	466,9	<b>9,9</b>
100	6	517,0	<b>10,7</b>
101	5	587,9	<b>13,7</b>
102	4	679,3	<b>15,5</b>
103	3	772,9	<b>13,7</b>
104	2	929,2	<b>20,2</b>
105	1	1155,0	<b>24,2</b>

Na Tabela 13 é apresentado um conjunto de dez soluções, informando a quantidade de objetos em cada agrupamento. Essa tabela é utilizada para verificar se não há agrupamentos muito pequenos que se unem a outros agrupamentos apenas nas últimas etapas, podendo representar um grupo de habitações pouco representativas. Na Tabela 13, entretanto, o menor agrupamento é visto na etapa 102, com três objetos. Como as soluções propostas neste estudo são de dois e três agrupamentos, formados nas etapas 103 e 104, não há necessidade de excluir nenhum objeto, prosseguindo para a análise não hierárquica com o mesmo banco de dados utilizado na análise hierárquica.

Tabela 13 – Intervalo de soluções dos agrupamentos do processos hierárquico referente aos materiais.

10 agrupamentos finais	Soluções para cada etapa									
	(quantidade de objetos em cada agrupamento)									
Identificação	96	97	98	99	100	101	102	103	104	105
1	8									
2	2	2								
3	9	9	9							
4	25	<b>33</b>	33	33						
5	4	4	4	4	4					
6	17	17	17	17	17	17				
7	3	3	3	3	3	3	3			
8	15	15	<b>17</b>	17	<b>50</b>	50	50	<b>53</b>		
9	15	15	15	<b>24</b>	24	24	24	24	<b>77</b>	
10	8	8	8	8	8	<b>12</b>	<b>29</b>	29	29	<b>106</b>

Como no procedimento hierárquico obteve-se duas soluções quanto à quantidade dos agrupamentos, o procedimento não hierárquico (k-médias) foi realizado para as duas alternativas. A opção por uma ou outra baseou-se em dois critérios: significância estatística e significância prática. Quanto à significância estatística, foi feita uma comparação entre os valores de significância obtidos com a análise ANOVA Kruskal Wallis para cada variável envolvida. A melhor solução para esta comparação foi identificada como aquela que possuía os melhores valores de significância, ou seja, mais próximos de zero. Quanto à significância prática, foi feita uma comparação entre os perfis de agrupamento e, baseando-se no conhecimento a respeito da aplicação prática dos modelos, optou-se por um caso ou outro.

Na solução de dois agrupamentos a convergência foi alcançada na terceira interação, formando um agrupamento com 76 objetos (agrupamento 1) e outro com 30 objetos (agrupamento 2). Na solução de três agrupamentos, a convergência foi alcançada na sexta interação, formando agrupamentos de 26, 50 e 30 objetos (agrupamentos 1, 2 e 3, respectivamente).

A Tabela 14 mostra os valores de significância obtidos com a análise ANOVA Kruskal Wallis para as duas soluções. Verificou-se que para os dois casos as variáveis composição das paredes das áreas secas, composição do piso das áreas secas e molhadas, contato da edificação com o solo e existência de laje de concreto foram significativas para a determinação dos agrupamentos. O tipo da telha e o material do forro foram significativos apenas para a solução de três agrupamentos, enquanto que o material do caixilho das janelas foi significativo apenas para a solução de dois agrupamentos. As variáveis composição das paredes das áreas molhadas e material do caixilho das portas não foram significativas para nenhum dos casos.

Quanto a comparação dos valores de significância para cada solução, fica evidente que a solução de três agrupamentos possui maior significância estatística que a solução de dois agrupamentos. Além de ter mais variáveis significativamente impactantes na formação dos agrupamentos, as variáveis em que a solução de dois agrupamentos é mais significativa não são tão importantes quanto às da solução de três agrupamentos. Também, algumas variáveis, mesmo sendo significativas para os dois casos, o valor de significância é maior para a solução de três agrupamentos (existência de laje de concreto). Assim, conclui-se pela significância estatística desta comparação que a solução de três agrupamentos é mais adequada.

Tabela 14 – Comparação entre as duas soluções baseada na significância estatística da formação dos agrupamentos (ANOVA Kruskal Wallis).

Variáveis estatísticas	Solução de 2 agrupamentos ( $p_{\text{valor}} < 0,05$ )	Solução de 3 agrupamentos ( $p_{\text{valor}} < 0,05$ )
<b>Composição das paredes das áreas secas</b>	<b>&lt;0,00</b>	<b>&lt;0,00</b>
<b>Composição das paredes das áreas molhadas</b>	0,25	0,48
<b>Composição do piso das áreas secas</b>	<b>&lt;0,00</b>	<b>&lt;0,00</b>
<b>Composição do piso das áreas molhadas</b>	<b>&lt;0,00</b>	<b>&lt;0,00</b>
<b>Contato com o solo</b>	<b>&lt;0,00</b>	<b>&lt;0,00</b>
<b>Tipo da telha</b>	0,25	<b>0,00</b>
<b>Existência de laje de concreto</b>	<b>0,04</b>	<b>&lt;0,00</b>
<b>Material do forro</b>	0,48	<b>&lt;0,00</b>
<b>Material do caixilho das portas</b>	0,30	0,22
<b>Material do caixilho das janelas</b>	<b>0,02</b>	0,07

Quanto à significância prática, foram analisados os perfis dos agrupamentos formados pelas duas soluções, cujos resultados estão apresentados nos Quadros 5 e 6. Para solução de dois agrupamentos, estes diferiram-se quanto a composição da parede seca, composição do piso das áreas molhadas, contato com o solo e tipo de telha. Assim, o agrupamento 1 seria descrito como sendo uma edificação com paredes com bloco cerâmico e piso em concreto revestido com cerâmica, tanto nas áreas secas quanto nas áreas molhadas, cobertura composta por telha cerâmica e forro de madeira, sem laje de concreto e caixilho das esquadrias em madeira. O agrupamento 2 seria uma casa com paredes e piso de madeira nas áreas secas e paredes de bloco cerâmico e piso de concreto revestido com cerâmica nas áreas molhadas, não havendo contato do piso com o solo. A cobertura seria composta por telhas de fibrocimento e forro de madeira, sem laje de concreto. O caixilho das esquadrias também seria em madeira.

Para solução de três agrupamentos, verificou-se que os agrupamentos 1 e 2 são mais próximos, enquanto o agrupamento 3, mais isolado. Quanto à composição das paredes, os agrupamentos 1 e 2 apresentaram parede com divisória em bloco cerâmico nas áreas secas e molhadas, enquanto o agrupamento 3 apresentou madeira nas áreas secas e bloco cerâmico nas áreas molhadas. O contato da edificação com o solo existiu nos agrupamentos 1 e 2, mas não no agrupamento 3. A composição da cobertura foi a única diferença entre os agrupamentos 1 e 2, sendo o primeiro composto por laje plana, sem telha e sem forro, enquanto o segundo, composto por telha cerâmica e forro de madeira, sem laje de concreto. No agrupamento 3, a cobertura seria composta por telhas de fibrocimento e forro de madeira, sem laje de concreto. O material do caixilho das esquadrias é a madeira, igual para os três agrupamentos.

Verificou-se que o agrupamento 3 é muito similar ao agrupamento 2 da solução de dois agrupamentos, enquanto os agrupamentos 1 e 2 pareceram se unir na solução de 2 agrupamentos formando um único agrupamento. As diferenças observadas para estes dois agrupamentos (1 e 2) se deu apenas na cobertura, mas na prática entende-se que essa diferença pode ser expressiva (agrupamento 1:  $U= 3,73$  [ $W/m^2K$ ],  $CT= 220$  [ $kJ/m^2K$ ], agrupamento 2:  $U= 2,02$  [ $W/m^2K$ ],  $CT= 26$  [ $kJ/m^2K$ ]), concluindo-se que a solução com 3 agrupamentos é mais adequada que a de dois. Como a verificação quanto à significância estatística também apontou a solução de três agrupamentos como mais adequada, adota-se esta como o modelo neste trabalho.

Quadro 5 – Perfil dos agrupamentos conforme as variáveis da análise para solução de dois agrupamentos.

Variáveis	Agrupamento 1	Agrupamento 2
Composição das paredes das áreas secas	Bloco cerâmico	Madeira
Composição das paredes das áreas molhadas	Bloco cerâmico	Bloco cerâmico
Composição do piso das áreas secas	Piso de concreto revestido com cerâmica	Madeira
Composição do piso das áreas molhadas	Piso de concreto revestido com cerâmica	Piso de concreto revestido com cerâmica
Contato com o solo	Sim	Não
Tipo da telha	Cerâmica	Fibrocimento
Existência de laje de concreto	Não	Não
Material do forro	Madeira	Madeira
Material do caixilho das portas	Madeira	Madeira
Material do caixilho das janelas	Madeira	Madeira

Quadro 6 – Perfil dos agrupamentos conforme as variáveis da análise para solução de três agrupamentos.

Variáveis	Agrupamento 1	Agrupamento 2	Agrupamento 3
Composição das paredes das áreas secas	Bloco cerâmico	Bloco cerâmico	Madeira
Composição das paredes das áreas molhadas	Bloco cerâmico	Bloco cerâmico	Bloco cerâmico
Composição do piso das áreas secas	Piso de concreto revestido com cerâmica	Piso de concreto revestido com cerâmica	Madeira
Composição do piso das áreas molhadas	Piso de concreto revestido com cerâmica	Piso de concreto revestido com cerâmica	Piso de concreto revestido com cerâmica
Contato com o solo	Sim	Sim	Não
Tipo da telha	Ausente	Cerâmica	Fibrocimento
Existência de laje de concreto	Sim	Não	Não
Material do forro	Ausente	Madeira	Madeira
Material do caixilho das portas	Madeira	Madeira	Madeira
Material do caixilho das janelas	Madeira	Madeira	Madeira

As análises prosseguiram com a realização dos testes de hipótese Qui-quadrado para todas as variáveis da análise, como mostra a Tabela 15. Foram consideradas significativas diferenças entre os agrupamentos para as variáveis composição das paredes das áreas secas, composição dos pisos das áreas secas e áreas molhadas, contato da edificação com o solo, tipo de telha, existência de laje e material do forro. A composição das paredes nas áreas molhadas e o material dos caixilhos das portas e janelas não foram considerados impactantes, devido ao seu valor de significância ser maior que 0,05.

Tabela 15 – Teste Qui-quadrado para igualdade entre as variáveis qualitativas dos agrupamentos referente ao bloco de materiais ( $p_{\text{valor}} < 0,05$ ).

Variáveis estatísticas	Pvalor
<b>Composição das paredes das áreas secas</b>	<b>&lt;0,00</b>
<b>Composição das paredes das áreas molhadas</b>	1,00
<b>Composição do piso das áreas secas</b>	<b>&lt;0,00</b>
<b>Composição do piso das áreas molhadas</b>	<b>&lt;0,00</b>
<b>Contato com o solo</b>	<b>&lt;0,00</b>
<b>Tipo da telha</b>	<b>0,00</b>
<b>Existência de laje de concreto</b>	<b>&lt;0,00</b>
<b>Material do forro</b>	<b>&lt;0,00</b>
<b>Material do caixilho das portas</b>	0,19
<b>Material do caixilho das janelas</b>	0,23

As habitações 48, 19 e 21 foram selecionadas como os modelos de referência dos agrupamentos 1, 2 e 3, respectivamente, devido à sua maior proximidade ao centroide (0,620 0,908 e 1,125, respectivamente). As características finais de cada agrupamento, juntamente com as de seu modelo de referência, estão apresentadas na Tabela 16. Para todas as variáveis de todos os agrupamentos, foi verificado que as características encontradas no modelo de referência correspondem àquela de maior frequência de ocorrência no agrupamento. Por exemplo, no caso da composição das paredes nas áreas secas, 96% das habitações do agrupamento 1 possuíam divisórias com bloco cerâmico, assim como o seu modelo de referência (habitação 48). A única exceção encontrada foi para o tipo de telha do agrupamento 1, visto que em 42% das habitações não havia telha, mas no modelo de referência há telha cerâmica. A diferença entre características do modelo em relação ao agrupamento é possível, embora não esperada, pois trata-se de um modelo baseado em uma habitação real cujo conjunto de características está mais próximo ao centroide, mas não é o centroide. Como a característica do modelo é pouco representativa daquele agrupamento (apenas 19% das habitações), foi adotado no modelo do agrupamento 1, para esta variável (tipo de telha), a característica com maior frequência de ocorrência, que é a ausência de telha. As demais características permaneceram inalteradas.

Tabela 16 – Perfil dos agrupamentos ao longo das variáveis qualitativas envolvidas na análise referente aos materiais.

Composição das paredes das áreas secas (%)	Agrupamento		
	1	2	3
<b>Divisória de madeira (1)</b>	4	4	85
<b>Divisória com blocos cerâmicos (2)</b>	96	96	12
<b>Divisória com blocos de concreto (3)</b>	0	0	4
Modelo de referência	(2)	(2)	(1)

Composição das paredes das áreas molhadas (%)	Agrupamento		
	1	2	2
<b>Divisória de madeira (1)</b>	0	2	12
<b>Divisória com blocos cerâmicos (2)</b>	100	98	85
<b>Divisória com blocos de concreto (3)</b>	0	0	4
Modelo de referência	(2)	(2)	(2)

Composição do piso das áreas secas (%)	Agrupamento		
	1	2	3
<b>Madeira (1)</b>	0	2	77
<b>Concreto sem revestimento (2)</b>	0	6	23
<b>Concreto revestido com madeira (3)</b>	0	0	0
<b>Concreto revestido com cerâmica (4)</b>	100	93	0
Modelo de referência	(4)	(4)	(1)

Composição do piso das áreas molhadas (%)	Agrupamento		
	1	2	3
<b>Madeira (1)</b>	0	0	12
<b>Concreto sem revestimento (2)</b>	0	0	27
<b>Concreto revestido com madeira (3)</b>	0	0	0
<b>Concreto revestido com cerâmica (4)</b>	100	100	62
Modelo de referência	(4)	(4)	(4)

Contato da edificação com o solo (%)	Agrupamento		
	1	2	3
<b>Não há contato (1)</b>	31	20	73
<b>Há contato (2)</b>	69	80	27
Modelo de referência	(2)	(2)	(1)

Tipo de telha (%)	Agrupamento		
	1	2	3
<b>Ausente (1)</b>	42	0	0
<b>Fibrocimento (2)</b>	19	48	62
<b>Cerâmica (3)</b>	38	52	38
Modelo de referência	(2)	(3)	(2)

Existência de laje de concreto (%)	Agrupamento		
	1	2	3
<b>Não há laje (1)</b>	4	100	85
<b>Há laje (2)</b>	96	0	15
Modelo de referência	(2)	(2)	(1)

Tabela 16 – Perfil dos agrupamentos ao longo das variáveis qualitativas envolvidas na análise referente aos materiais (continuação).

Material do forro (%)	Agrupamento		
	1	2	3
<b>Ausente (1)</b>	100	0	27
<b>Madeira (2)</b>	0	56	65
<b>PVC (3)</b>	0	41	8
<b>Gesso (4)</b>	0	4	0
Modelo de referência	(1)	(2)	(2)

Material do caixilho das portas (%)	Agrupamento		
	1	2	3
<b>Madeira (1)</b>	100	94	100
<b>Alumínio (2)</b>	0	4	0
<b>PVC (3)</b>	0	2	0
<b>Misto (4)</b>	0	0	0
Modelo de referência	(1)	(1)	(1)

Material do caixilho das janelas (%)	Agrupamento		
	1	2	3
<b>Madeira (1)</b>	62	61	96
<b>Alumínio (2)</b>	35	35	4
<b>PVC (3)</b>	0	0	0
<b>Misto (4)</b>	4	4	0
Modelo de referência	(1)	(1)	(1)

As Figuras 10, 11 e 12 apresentam as composições dos materiais dos modelos em cada agrupamento. O modelo do agrupamento 1 é uma habitação com paredes com divisórias de bloco cerâmico, tanto nas áreas secas quanto nas áreas molhadas. Determinou-se que as paredes teriam 2,5cm de argamassa de assentamento, em ambas as faces, e acabamento com pintura. Adotou-se o valor de absorvância médio das paredes encontrado no agrupamento. Não foi possível levantar a absorvância da cobertura, adotando-se o valor baseado na literatura. A espessura final da parede foi adotada considerando a média do agrupamento. O piso do modelo foi composto por laje de concreto e revestido com cerâmica por toda a casa, incluindo as áreas secas e molhadas. A espessura adotada foi de 10cm, baseada no convencional, pois essa característica não foi levantada em campo. A edificação tem contato com o solo. Quanto a cobertura, é composta por laje plana, sem telha e sem forro. O caixilho das esquadrias é de madeira, tanto para as portas quanto para as janelas. Detalhes sobre o vidro não foram utilizados na análise devido a impossibilidade de levantamento, mas adotou-se vidro comum, incolor, de 3mm de espessura em todas as janelas. As propriedades termofísicas de cada um dos componentes foi determinada conforme descrito no método.

O modelo do agrupamento 2 possui as mesmas características que o modelo 1 para as paredes, piso e caixilho das portas e janelas, diferenciando-se apenas pela composição da cobertura. A cobertura é composta por telha cerâmica e forro de madeira. A absorvância da parede externa e a espessura das paredes foi determinada a partir da média do agrupamento. A absorvância da cobertura foi determinada baseando-se na literatura, porque esse dado não foi levantado. Adotou-se vidro comum incolor 3mm e argamassa com 2,5cm de espessura conforme usual, pois esse dado não foi levantado em campo.

O agrupamento 3 é o que mais se difere entre os agrupamentos formados. O piso das áreas secas é composto por tábuas de madeira, enquanto das áreas molhadas é composto por laje de concreto revestida com cerâmica. Da mesma forma, as paredes das áreas secas são diferentes das paredes das

áreas molhadas, pois são de madeira, enquanto as das áreas molhadas são de blocos cerâmicos com argamassa. A absorvância adotada é igual à média do grupo. A composição da cobertura é definida por forro de madeira e telha de fibrocimento, cuja absorvância foi adotada conforme encontrado na literatura. As esquadrias têm as mesmas características que os demais agrupamentos.

Figura 10 – Esquema da composição das paredes, piso, cobertura e caixilhos do modelo de referência do agrupamento 1.

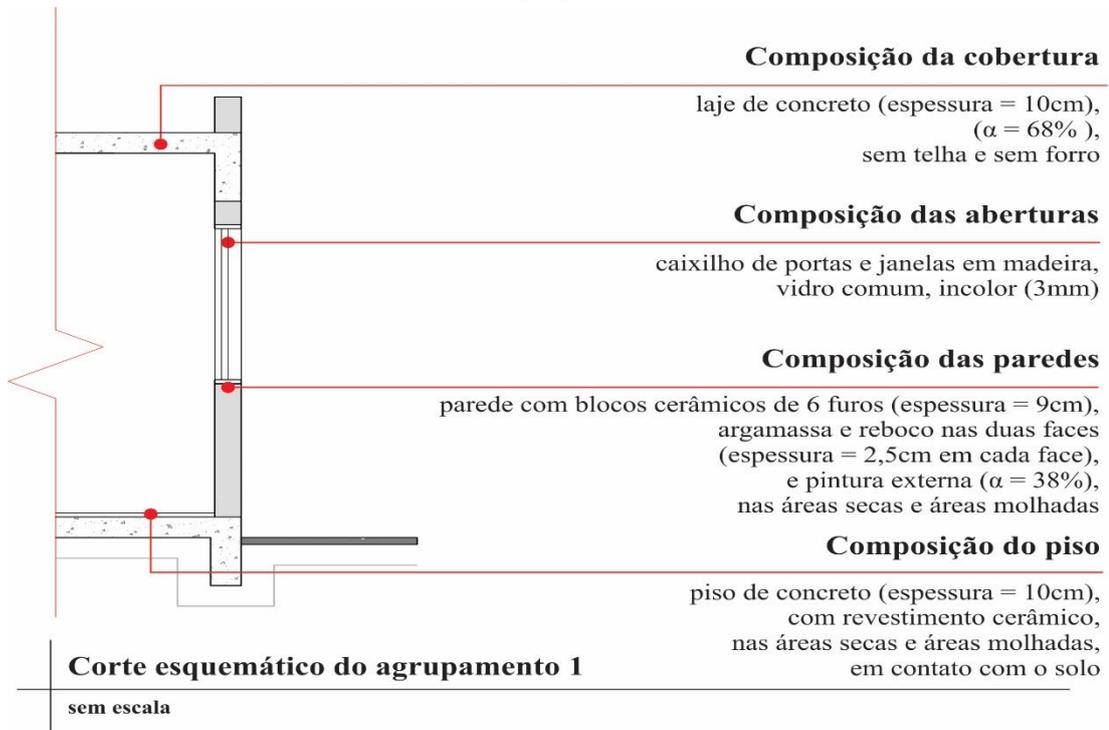


Figura 11 – Esquema da composição das paredes, piso, cobertura e caixilhos do modelo de referência do agrupamento 2.

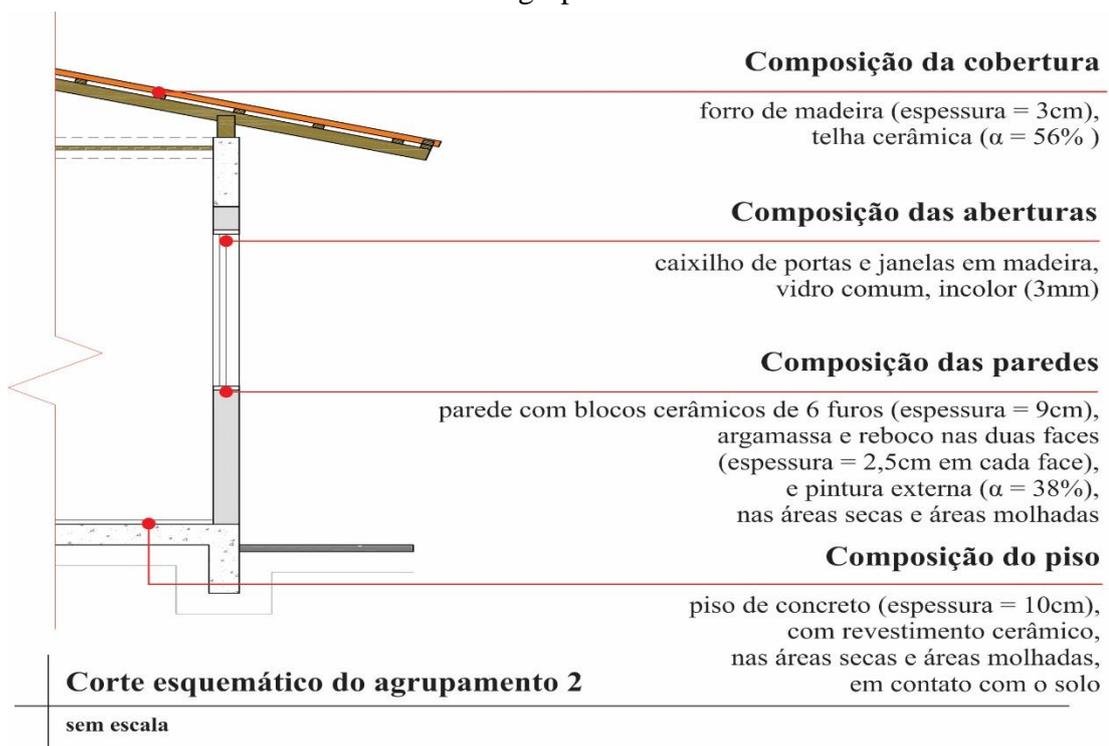
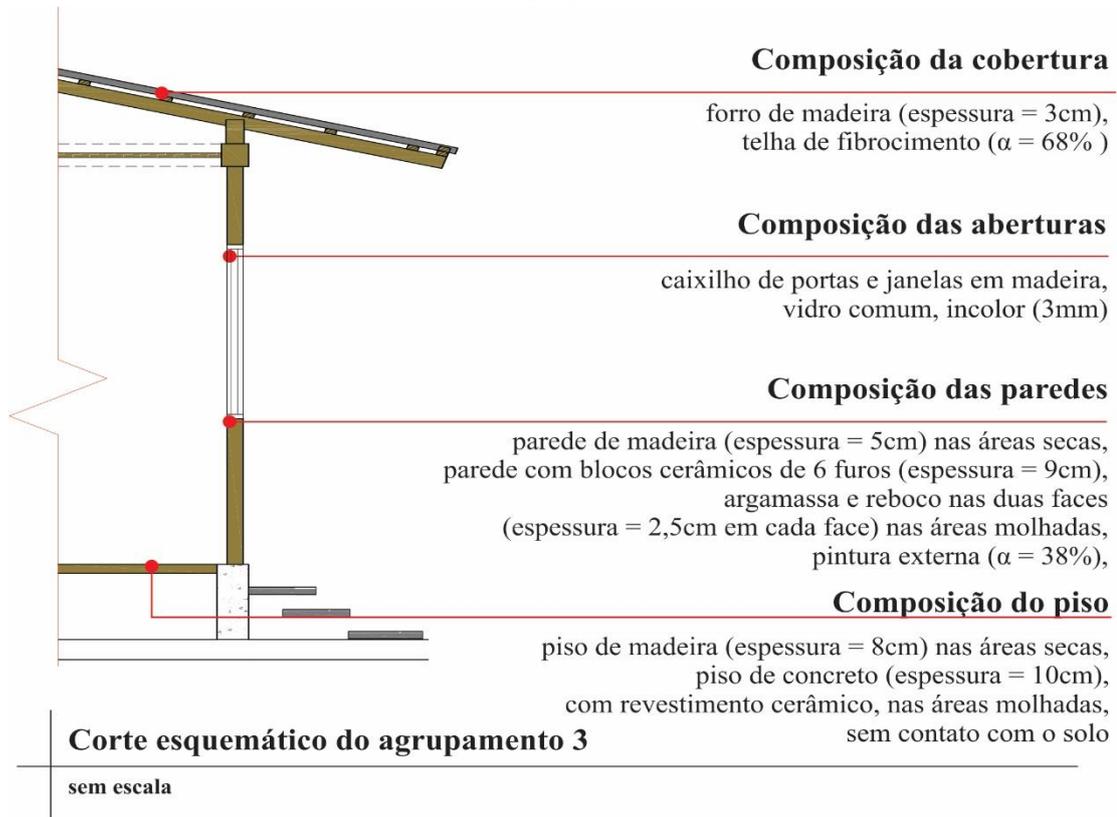


Figura 12 – Esquema da composição das paredes, piso, cobertura e caixilhos dos modelos de referência do agrupamento 3.



A definição dos modelos a partir de suas características e do que foi apresentado nos levantamentos e na criação desses modelos parece se ajustar bem à realidade encontrada, ressaltando as tipologias existentes. Conclui-se, baseando-se nos conceitos de análise de agrupamentos, que a formação dos agrupamentos foi adequada.

## 2. ANÁLISE DE INCERTEZAS DO USO E OPERAÇÃO DA HABITAÇÃO

### 2.1. Introdução

Este Capítulo visa analisar as incertezas em simulação computacional de edificações ao se adotar diferentes configurações para as variáveis de uso e a operação. Os resultados mostram os valores das amplitudes de incertezas inerentes aos cenários de simulação analisados e também as variáveis mais influentes na incerteza do desempenho térmico das habitações analisadas.

Para a execução dessa análise foi necessário o uso de alguns programas específicos, como o *EnergyPlus* 8.1 para a simulação computacional das edificações, o *Plugin* para *GoogleSketchup* para modelagem geométrica, o *Microsoft Excel* 2013 para o registro e consolidação dos dados e pequenos cálculos, o programa *Minitab* 16 para as análises estatísticas e o programa *R Studio* para programação de rotinas automatizadas para o tratamento dos dados.

### 2.2. Objetivo

O objetivo foi analisar as incertezas das rotinas de ocupação e operação de aberturas no desempenho térmico de habitações por meio de simulação computacional com o programa *EnergyPlus*.

### 2.3. Método

A execução da análise se deu por meio de simulação computacional do desempenho térmico de edificações com o programa *EnergyPlus* versão 8.1 (DOE, 2014).

Os modelos base de geometria e materiais encontrados no primeiro item deste volume foram desenhados com o *Plugin OpenStudio* para *Sketchup*. A simulação foi configurada para o clima de Florianópolis-SC, o mesmo local das pesquisas das habitações.

A incerteza foi propagada nas variáveis relacionadas com o uso e operação da edificação, de forma a se obter as amplitudes de incertezas e promover a calibração inicial dos modelos base para outras análises feitas nos próximos itens deste volume.

#### 2.3.1. Configurações da simulação

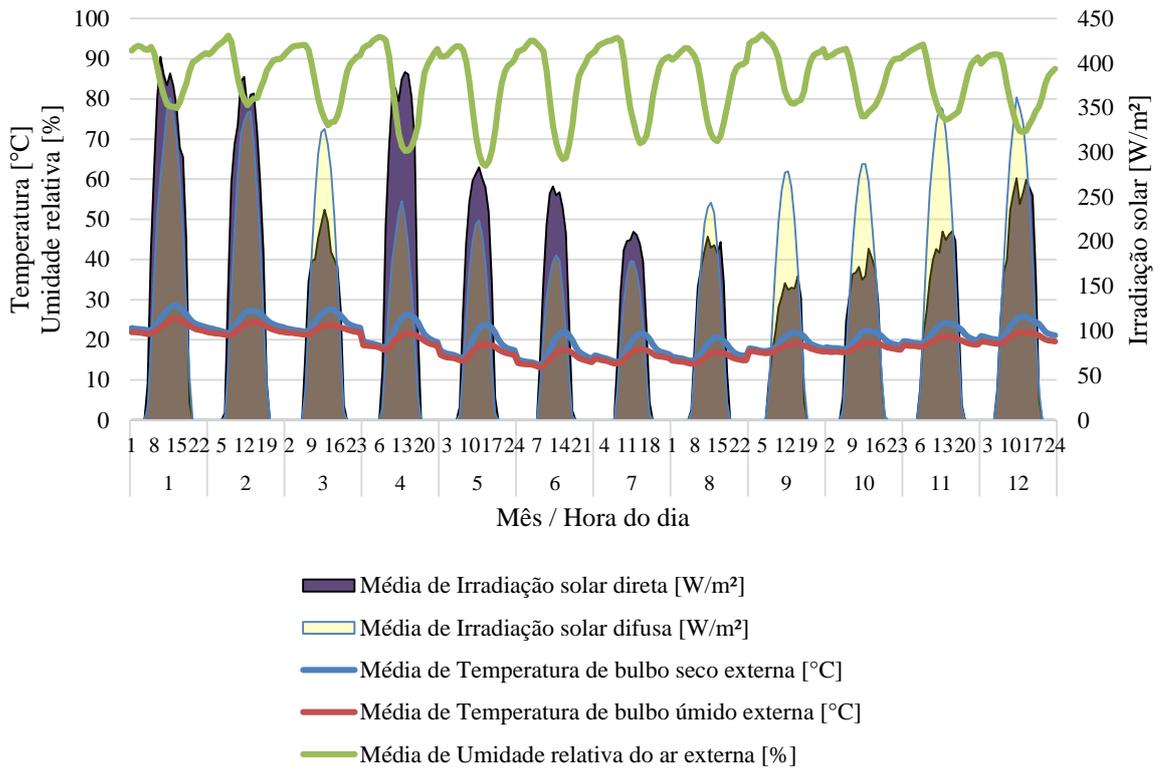
O experimento de simulação computacional foi realizado para a cidade de Florianópolis-SC por meio do arquivo climático TRY (*Test Reference Year*) proveniente do estudo de Goulart, Lamberts e Firmino (1998). O Quadro 7 – Dados geográficos da cidade de Florianópolis-SC proveniente do arquivo TRY. Quadro 7 mostra as informações geográficas da cidade de Florianópolis e a Figura 13 mostra algumas variáveis climáticas em média diária para cada mês do ano.

Florianópolis apresenta umidade relativa média anual de 85%. O mês de menores temperaturas é junho e de maiores temperaturas é janeiro. A irradiação solar é baixa nos meses de julho e agosto, e a irradiação difusa é maior do que a irradiação direta em grande parte dos meses do ano.

Quadro 7 – Dados geográficos da cidade de Florianópolis-SC proveniente do arquivo TRY.

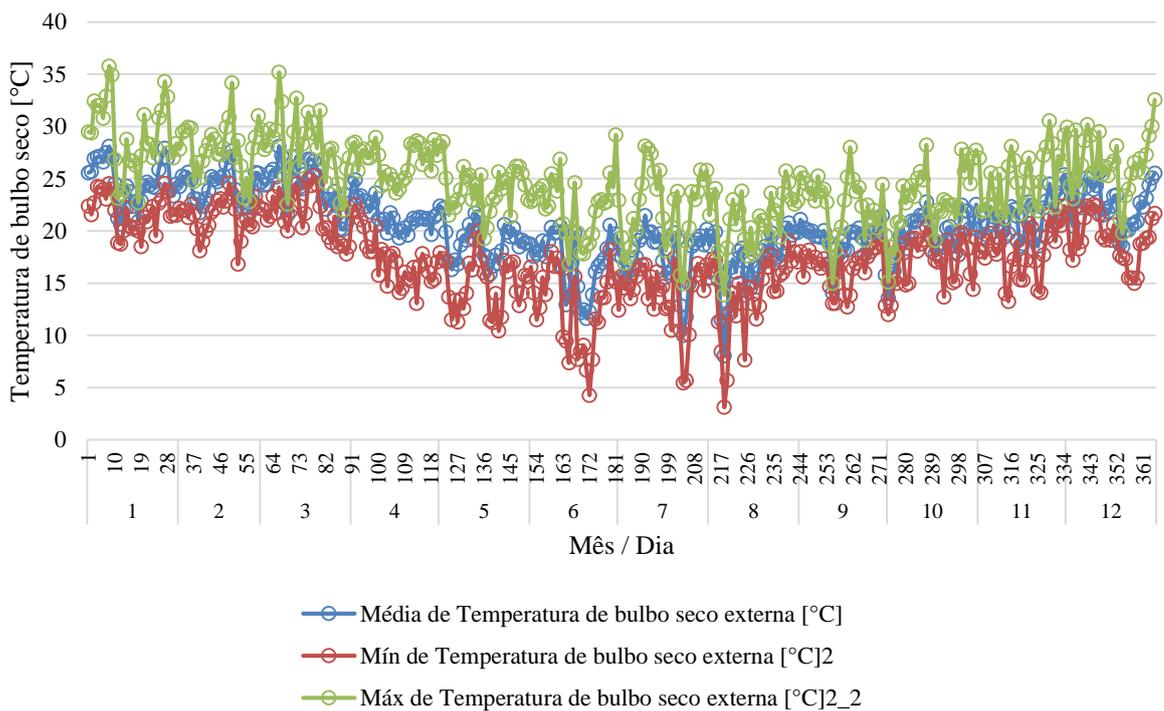
Florianópolis, Latitude: 27,67° Sul; Longitude: 48,55° Oeste	Fuso horário: -3 horas; Elevação: 7m.
--	--

Figura 13 – Variáveis climáticas médias diárias para cada mês do ano (irradiação solar direta e difusa, temperatura de bulbo seco e bulbo úmido, umidade relativa).



A Figura 14 mostra a distribuição das temperaturas médias, mínimas e máximas diárias ao longo de todos os dias do ano. Percebe-se a grande variabilidade ao longo do ano, o que caracteriza estações bem distintas, e amplitude dos dados nos meses mais frio (de médias menores, como junho e julho).

Figura 14 – Temperaturas de bulbo seco médias, mínimas e máximas diárias ao longo dos meses do ano para Florianópolis-SC.



A análise de incertezas das rotinas de ocupação e operação de aberturas foram realizadas para os modelos de forma 1 e 2 (conforme os resultados do Item 1.4.1) e para os modelos de materiais 1, 2 e 3 (conforme os resultados do Item 1.4.2).

### 2.3.2. Variáveis independentes

Foram utilizadas as rotinas de ocupação, de operação de janelas, de operação de portas internas e de uso da iluminação para cada um dos ambientes das habitações pesquisadas. A unidade utilizada para cada variável e os níveis de variação são mostrados na Tabela 17.

A Tabela 18 mostra as variáveis e os níveis de variação para as potências instaladas com equipamentos e com iluminação, para todas as habitações pesquisadas.

Tabela 17 – Variáveis utilizadas para a determinação das incertezas decorrentes do uso e ocupação, em relação às rotinas de uso.

Variável (Rotinas)	Código	Unidade	Mínimo	Máximo
Ocupação dos dormitórios	SchOccBed	horas/ano	2681	4009
Ocupação da cozinha	SchOccKit	horas/ano	498	3072
Ocupação da sala	SchOccLiv	horas/ano	889	2996
Operação de janelas nos dormitórios	SchWinBed	horas/ano	2954	4206
Operação de janelas na cozinha	SchWinKit	horas/ano	3330	5200
Operação de janelas na sala	SchWinLiv	horas/ano	1627	2739
Operação de portas nos dormitórios	SchDooBed	horas/ano	3799	5099
Operação de portas na cozinha	SchDooKit	horas/ano	2232	4510
Operação de portas na sala	SchDooLiv	horas/ano	1630	3384
Iluminação nos dormitórios	SchLightBed	horas/dia	0,584	1,686
Iluminação na cozinha	SchLightKit	horas/dia	2,000	3,500
Iluminação na sala	SchLightLiv	horas/dia	1,200	3,200

Tabela 18 – Variáveis utilizadas para a determinação das incertezas decorrentes do uso e ocupação, em relação às potências instaladas.

Variável (Potência instalada)	Código	Unidade	Mínimo	Máximo
Equipamentos nos dormitórios	PwEquipBed	W/m <sup>2</sup>	10,21	26,36
Equipamentos na cozinha	PwEquipKit	W/m <sup>2</sup>	59,30	84,47
Equipamentos na sala	PwEquipLiv	W/m <sup>2</sup>	12,51	26,10
Iluminação nos dormitórios	PwLightBed	W/m <sup>2</sup>	3,35	4,30
Iluminação na cozinha	PwLightKit	W/m <sup>2</sup>	2,16	3,03
Iluminação na sala	PwLightLiv	W/m <sup>2</sup>	1,62	2,40

A Tabela 19 mostra as variáveis independentes efetivamente utilizadas no experimento de simulação computacional. Variou-se os níveis mínimos, médios e máximos de cada ambiente simultaneamente, sendo que a habitação completa foi variada nesses níveis.

Em resumo, há seis variáveis independentes com dois níveis de variação cada uma, totalizando 64 simulações paramétricas com combinação fatorial. Essas 64 simulações foram aplicadas aos dois diferentes modelos de forma e 3 diferentes modelos de materiais, totalizando 384 simulações computacionais.

Tabela 19 – Variáveis independentes utilizadas no experimento de simulação computacional.

Variável	Código	Unidade	Distribuição	Nível 1	Nível 2
Rotinas de ocupação	SchOcc	horas/ano	Discreta	Mínimo	Máximo
Rotinas de operação de janelas	SchWin	horas/ano	Discreta	Mínimo	Máximo
Rotinas de operação de portas	SchDoor	horas/ano	Discreta	Mínimo	Máximo
Rotinas de uso da iluminação	SchLight	horas/dia	Discreta	Mínimo	Máximo
Potência instalada de equipamentos	PwEquip	W/m <sup>2</sup>	Discreta	Mínimo	Máximo
Potência instalada de iluminação	PwLight	W/m <sup>2</sup>	Discreta	Mínimo	Máximo

### 2.3.3. Variáveis dependentes

O experimento conduzido neste trabalho considera como variável dependente a temperatura operativa de cada ambiente da habitação. Essa temperatura foi considerada como a média aritmética da temperatura do ar e da temperatura média radiante.

A partir da temperatura operativa horária em cada ambiente da habitação, calculou-se duas variáveis que representam o desempenho térmico da habitação ao longo de um ano: os graus-hora de aquecimento e os graus-hora de resfriamento, como mostram as Equações 4 e 5. Para resumir a análise, uma ponderação dos graus-hora de acordo com a área de cada ambiente foi realizada, encontrando-se um valor comparável de resfriamento e outro de aquecimento para a habitação como um todo.

Ao manter constantes as temperaturas base de 19°C para o aquecimento e 26°C para o resfriamento, pode-se comparar, de forma mais eficaz, o desempenho de modelos com propriedades termofísicas diferentes.

$$GHA = \sum_{i=1}^{8760} se \begin{cases} T_i < 19 & | & 19 - T_i \\ T_i > 19 & | & 0 \end{cases} \quad (4)$$

$$GHR = \sum_{i=1}^{8760} se \begin{cases} T_i > 26 & | & T_i - 26 \\ T_i < 26 & | & 0 \end{cases} \quad (5)$$

Onde:

*GHA* são os graus-hora de aquecimento [°Ch];

*GHR* são os graus-hora de resfriamento [°Ch];

*T* são as temperaturas operativas de cada ambiente da habitação [°C];

*i* é cada hora do ano [horas].

### 2.3.4. Tratamento de dados

O projeto de experimento é uma forma de análise estatística que utiliza a análise de variância em uma amostra multivariada de parâmetros (MONTGOMERY; RUNGER, 2012). Essa amostra multivariada é uma combinação fatorial de cada nível de cada parâmetro entre si. O tamanho total da amostra é dado pela Equação 6.

$$Amostra = a \times b \dots \times n \quad (6)$$

Onde:

*a* é o número de níveis no parâmetro A;

*b* é o número de níveis no parâmetro B;

*n* é o número de níveis no parâmetro N.

A análise de variância foi usada neste trabalho para determinar as variáveis que podem ser consideradas influentes ou irrelevantes em um experimento numérico. O modelo adequado para este tipo de análise estatística precisa ter a possibilidade de ser submetido a diferentes condicionantes e perturbações, de forma a se analisar o impacto de cada uma delas na variável dependente. A simulação computacional possibilita esse tipo de experimento numérico.

Sabe-se que a simulação computacional necessita de inúmeros parâmetros e configurações para realizar a estimativa da variável escolhida. Ao considerar a variação de dois parâmetros A e B em uma simulação computacional, analisando uma variável dependente Y, pode-se calcular a soma dos quadrados conforme as Equações 7 a 10.

$$SQ(A) = b \times \sum_i (\bar{y}_{i.} - \bar{y}_{..})^2 \quad (7)$$

$$SQ(B) = a \times \sum_j (\bar{y}_{.j} - \bar{y}_{..})^2 \quad (8)$$

$$SQ(Total) = \sum_i \sum_j (y_{ij} - \bar{y}_{..})^2 \quad (9)$$

$$SQ(AB) = SQ(Total) - SQ(Erro) - SQ(A) - SQ(B) \quad (10)$$

Onde:

a é o número de níveis no parâmetro A;

b é o número de níveis no parâmetro B;

$\bar{y}_{i.}$  é a média do *i*ésimo nível do parâmetro A;

$\bar{y}_{..}$  é a média de todas as observações;

$\bar{y}_{.j}$  é a média o *j*ésimo nível do parâmetro B;

$y_{ij}$  é cada observação individual do *i*ésimo nível do parâmetro A, e do *j*ésimo nível do parâmetro B;

$SQ(A)$  é a soma dos quadrados do parâmetro A;

$SQ(B)$  é a soma dos quadrados do parâmetro B;

$SQ(Total)$  é a soma dos quadrados total;

$SQ(AB)$  é a soma dos quadrados da interação entre parâmetros;

$SQ(Erro)$  é a soma dos quadrados do erro.

Calcula-se, com esses dados, a média dos quadrados com a Equação 11 e o valor-F com a Equação 12. O valor-F é a medida de sensibilidade do parâmetro, e pode ser utilizado para comparar quantitativamente diferentes parâmetros. O cálculo foi realizado com o programa Minitab 17 (2014).

$$MQ(A) = \frac{SQ(A)}{a - 1} \quad (11)$$

$$F(A) = \frac{MQ(A)}{MQ(Erro)} \quad (12)$$

Onde:

$MQ(A)$  é a média dos quadrados do parâmetro A (analogamente para o parâmetro B);

$F(A)$  é o valor-F do parâmetro A (analogamente para o parâmetro B).

## 2.4. Resultados

Os resultados são divididos por amplitude de incertezas e variáveis mais influentes que geraram as incertezas.

### 2.4.1. Amplitude de incertezas

A Figura 15 mostra a amplitude das incertezas obtidas para o modelo de forma 1 e 2 e para as duas variáveis dependentes de graus-hora de resfriamento e aquecimento. A variabilidade dos dados é oriunda das variáveis de uso e ocupação e dos diferentes modelos de materiais (envelope 1 a 3).

No caso dos graus-hora de resfriamento percebe-se grande descontinuidade dos dados, o que indica que há variáveis muito influentes no desempenho térmico e que caracterizam diferentes distribuições de probabilidades. Os resultados variaram de 2300 a 6000 °Ch no modelo de forma 1 e de 2400 a 7400 °Ch no modelo de forma 2.

Para os graus-hora de aquecimento a amplitude de incerteza é menor e semelhante entre os modelos de forma, variando de 1200 a 3600 °Ch.

Para analisar separadamente os resultados por variável mais influente, dividiu-se os resultados do histograma por modelo de materiais (por envelope), gerando novos gráficos. A Figura 16 a 19 mostram os graus-hora de resfriamento e aquecimento para os modelos de forma 1 e 2 e para os tipos de envelope 1, 2 e 3. Das Figuras 16 a 19 percebe-se que o modelo de forma 2 apresentou maiores médias nos resultados de graus-hora de resfriamento e aquecimento, ou seja, piores desempenhos térmicos que o modelo de forma 1. O modelo de envelope 3 mostrou graus-hora de resfriamento e aquecimento médios maiores do que os demais tipos de envelope.

Figura 15 – Histograma de frequência absoluta de ocorrência para os graus-hora de resfriamento e aquecimento, para os modelos de forma 1 e 2. A variabilidade em cada quadro é decorrente das variáveis de uso e ocupação e dos diferentes modelos de materiais (envelopes 1 a 3).

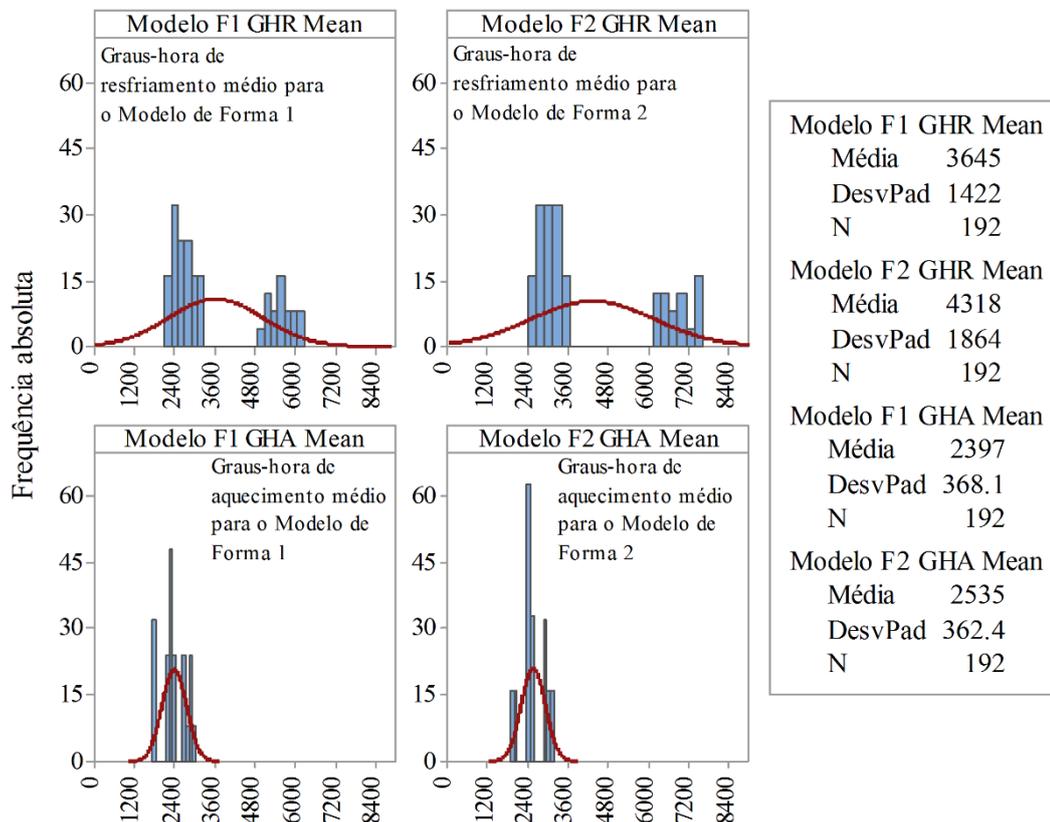
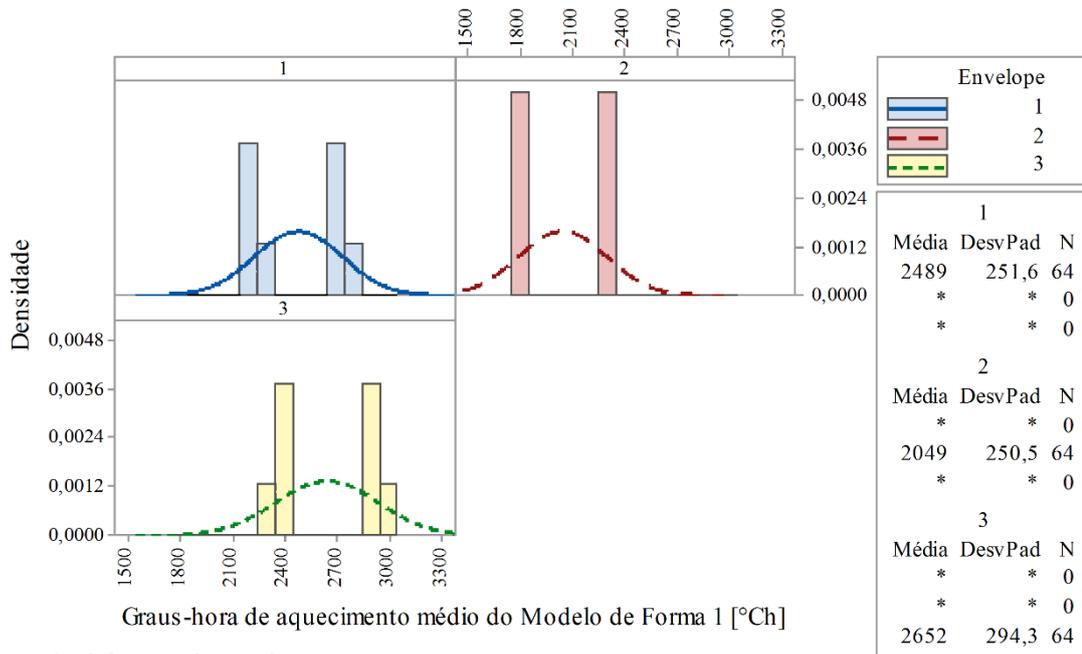
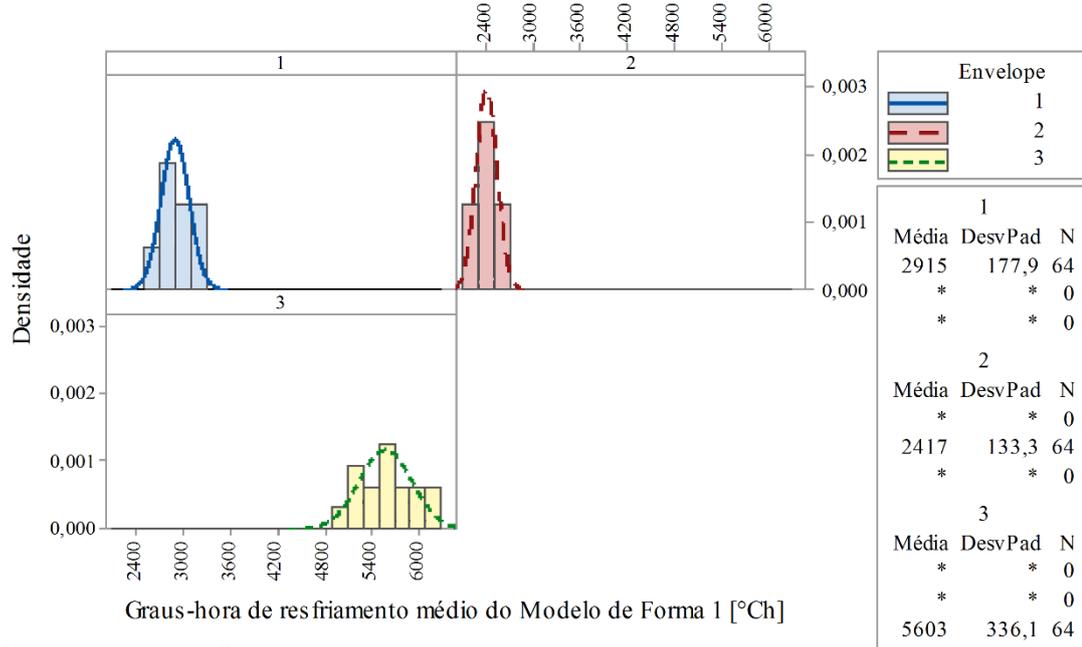


Figura 16 – Histograma de densidade de probabilidade para os graus-hora de aquecimento médio do Modelo de Forma 1, dividido por modelo de material (envelope 1 a 3).



Variável de painel: Envelope

Figura 17 – Histograma de densidade de probabilidade para os graus-hora de resfriamento médio do Modelo de Forma 1, dividido por modelo de material (envelope 1 a 3).



Variável de painel: Envelope

Figura 18 – Histograma de densidade de probabilidade para os graus-hora de aquecimento médio do Modelo de Forma 2, dividido por modelo de material (envelope 1 a 3).

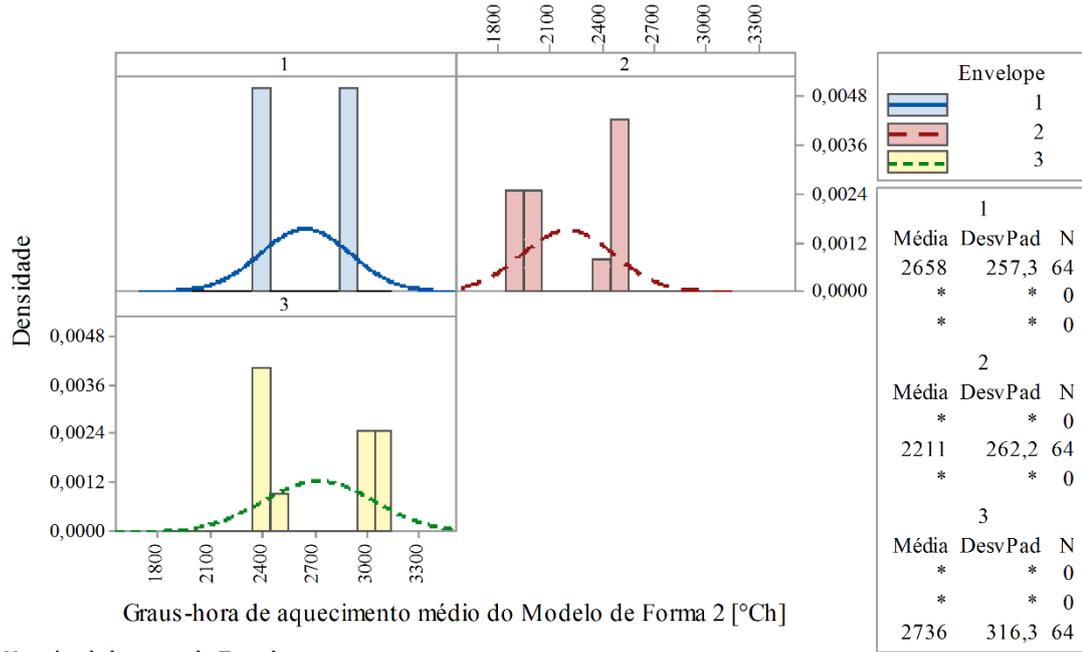
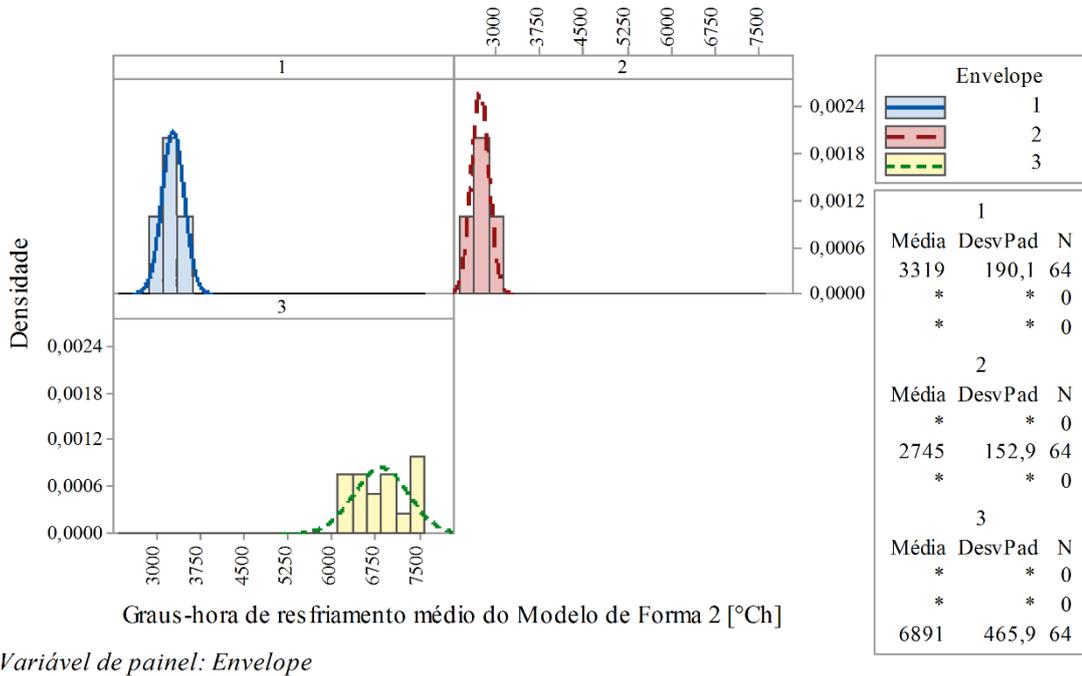


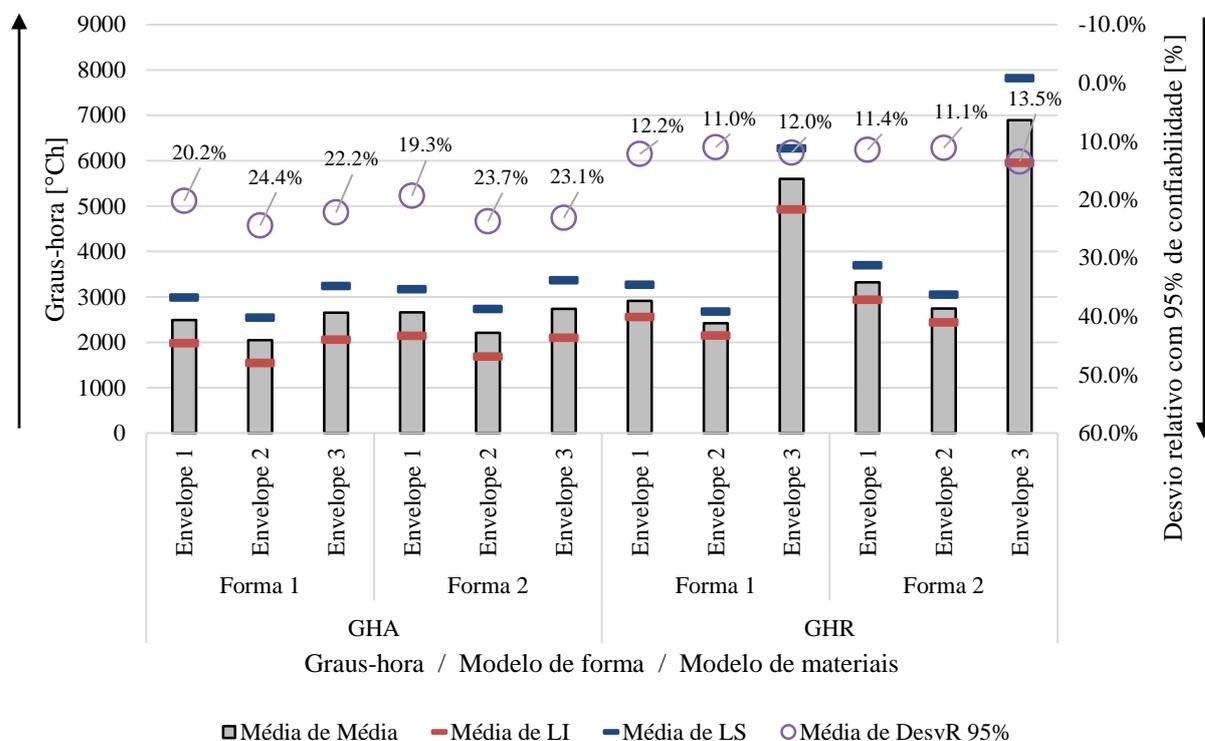
Figura 19 – Histograma de densidade de probabilidade para os graus-hora de resfriamento médio do Modelo de Forma 2, dividido por modelo de material (envelope 1 a 3).



A Figura 20 mostra a amplitude de incertezas dentro de cada modelo de forma e modelo de envelope (de materiais) decorrente apenas das variáveis de uso e ocupação. Percebe-se que nos Graus-hora de aquecimento os resultados são semelhantes entre o modelo de forma e envoltória. Nos graus-hora de resfriamento, resultados significativamente distintos foram obtidos para os modelos de forma e materiais, principalmente no modelo de envelope 3. O maior resultado foi obtido no modelo de envelope 3 para o modelo de forma 2.

O desvio relativo com 95% de confiabilidade é um bom indicador de incerteza, pois leva em consideração a amplitude e o valor médio (ou seja, a ordem de grandeza) dos dados. Portanto, as maiores incertezas foram obtidas nos graus-ora de aquecimento, alcançando até 24,4%. A incerteza nos graus-hora de resfriamento atingiu um valor máximo de 13,5% de desvio relativo.

Figura 20 – Amplitude de incertezas e desvio relativo com 95% de confiabilidade para os graus-hora de aquecimento e resfriamento, por modelo de forma e de materiais.



#### 2.4.2. Variáveis mais influentes na amplitude de incertezas

As Tabelas 20 a 23 mostram as variáveis mais influentes para cada variável dependente, separando-se os dados apenas por Modelo de Forma. Nota-se que no caso do resfriamento, o envelope tem uma influência significativamente maior do que os demais parâmetros relacionados ao uso e operação da habitação. Esse fato confirma que a incerteza de uso e operação realmente tem influência menor do que as propriedades termofísicas da habitação, no caso da simulação computacional.

No entanto, no caso do aquecimento, a variável mais influente foi a rotina de ocupação dos ambientes, de influência semelhante ao próprio modelo de envelope. Por esse motivo, análises separadas são conduzidas, por grupos de variáveis mais influentes.

Tabela 20 – Variáveis mais influentes nos graus-hora de resfriamento do Modelo de Forma 1.

Graus-hora de resfriamento do Modelo de Forma 1					
Fonte	GL	SQ(Aj)	QM(Aj)	Valor F	Valor-p
SchOcc	1	3.294.946,0	3.294.946,0	362,7	0,000
SchWin	1	4.715.475,0	4.715.475,0	519,1	0,000
SchDoor	1	525.307,0	525.307,0	57,8	0,000
SchLight	1	47,0	47,0	0,0	0,943
PwEquip	1	30.344,0	30.344,0	3,3	0,069
PwLight	1	6,0	6,0	0,0	0,979
<b>Envelope</b>	<b>2</b>	<b>375.943.981,0</b>	<b>187.971.990,0</b>	<b>20.692,1</b>	<b>0,000</b>
Erro	183	1.662.417,0	9.084,0		
Total	191	386.172.523,0			

Tabela 21 – Variáveis mais influentes nos graus-hora de resfriamento do Modelo de Forma 2.

Graus-hora de resfriamento do Modelo de Forma 2					
Fonte	GL	SQ(Aj)	QM(Aj)	Valor F	Valor-p
SchOcc	1	4.236.450,0	4.236.450,0	185,7	0,000
SchWin	1	8.801.204,0	8.801.204,0	385,8	0,000
SchDoor	1	168.077,0	168.077,0	7,4	0,007
SchLight	1	74,0	74,0	0,0	0,955
PwEquip	1	41.536,0	41.536,0	1,8	0,179
PwLight	1	8,0	8,0	0,0	0,985
<b>Envelope</b>	<b>2</b>	<b>645.973.829,0</b>	<b>322.986.915,0</b>	<b>14.159,0</b>	<b>0,000</b>
Erro	183	4.174.485,0	22.811,0		
Total	191	663.395.663,0			

Tabela 22 – Variáveis mais influentes nos graus-hora de aquecimento do Modelo de Forma 1.

Graus-hora de aquecimento do Modelo de Forma 1					
Fonte	GL	SQ(Aj)	QM(Aj)	Valor F	Valor-p
<b>SchOcc</b>	<b>1</b>	<b>13.210.415,0</b>	<b>13.210.415,0</b>	<b>26.970,6</b>	<b>0,000</b>
SchWin	1	30.964,0	30.964,0	63,2	0,000
SchDoor	1	24,0	24,0	0,1	0,826
SchLight	1	176,0	176,0	0,4	0,550
PwEquip	1	66.656,0	66.656,0	136,1	0,000
PwLight	1	25,0	25,0	0,1	0,823
Envelope	2	12.476.840,0	6.238.420,0	12.736,4	0,000
Erro	183	89.635,0	490,0		
Total	191	25.874.735,0			

Tabela 23 – Variáveis mais influentes nos graus-hora de aquecimento do Modelo de Forma 2.

Graus-hora de aquecimento do Modelo de Forma 2					
Fonte	GL	SQ(Aj)	QM(Aj)	Valor F	Valor-p
<b>SchOcc</b>	<b>1</b>	<b>14.563.611,0</b>	<b>14.563.611,0</b>	<b>18.435,8</b>	<b>0,000</b>
SchWin	1	24.388,0	24.388,0	30,9	0,000
SchDoor	1	31.430,0	31.430,0	39,8	0,000
SchLight	1	157,0	157,0	0,2	0,656
PwEquip	1	39.397,0	39.397,0	49,9	0,000
PwLight	1	17,0	17,0	0,0	0,882
Envelope	2	10.286.928,0	5.143.464,0	6.511,0	0,000
Erro	183	144.564,0	790,0		
Total	191	25.090.492,0			

O Apêndice A mostra detalhadamente as variáveis de uso e ocupação mais influentes na amplitude de incertezas obtidas para todos os casos simulados.

De maneira geral, quando se separa os casos por modelo de envelope, percebe-se que, para os graus-hora de resfriamento as variáveis mais influentes são as rotinas de operação das janelas e as rotinas de ocupação. A rotina de operação de janelas é mais influente nos casos de modelo de forma 1 e 2, nos envelopes 1 e 3. As rotinas de ocupação são mais influentes nos casos de modelo de forma 1 e 2 para o envelope 2.

Para os graus-hora de aquecimento a variável mais influente é a rotina de ocupação em todos os casos, mais influente do que o próprio modelo de materiais.

## **2.5. Considerações sobre a análise de incertezas**

O trabalho analisou a incerteza decorrente das variáveis de uso e ocupação obtidas pelo levantamento de dados nas habitações no desempenho térmico das mesmas.

Percebe-se que há amplitudes de incertezas máximas de 24,4% e 13,5% para os graus-hora de aquecimento e resfriamento, respectivamente. Também foram obtidas as variáveis independentes mais influentes nos graus-hora de aquecimento e resfriamento. Nos graus-hora de resfriamento preponderaram as rotinas de ocupação e operação de janelas, quando se analisa os modelos de forma e materiais separadamente. Já nos graus-hora de aquecimento, a variável mais influente é a rotina de ocupação em ambos os modelos de forma.

Essa análise comprova a importância das rotinas de ocupação e operação de aberturas quando se determina o desempenho térmico de edificações. Essas incertezas poderiam ser incluídas nos estudos por simulação computacional, evitando-se a utilização de todos os valores de uso e ocupação sempre que se espera ter um resultado individual de desempenho térmico.

## 3. SIMULAÇÕES COMPUTACIONAIS E TRATAMENTO DOS DADOS

### 3.1. Introdução

Os estudos apresentados neste item tem por finalidade determinar possíveis estratégias de desempenho térmico e eficiência de edificações por meio de simulação computacional.

Para executá-la utilizou-se o programa de simulação *EnergyPlus* e os dados obtidos conforme apresentado no item 1 deste Volume, bem como no Volume 1 deste relatório, referentes aos modelos de forma e às rotinas de uso e operação das habitações.

### 3.2. Objetivo

O objetivo da análise é determinar as variáveis do envelope da edificação que mais influenciam no desempenho térmico por simulação computacional de edificações pelo programa *EnergyPlus*.

### 3.3. Método

#### 3.3.1. Modelos base

Definiu-se dois “modelos base de forma” obtidos com análise estatística de agrupamento demonstrados no primeiro item deste Volume. A Figura 7 mostra o modelo de forma 1, enquanto a Figura 8 mostra o modelo de forma 2.

#### 3.3.2. Configurações da simulação

As mesmas configurações de clima foram adotadas do item 2.3.1. Os parâmetros de uso e operação da edificação foram definidos conforme os levantamentos de dados. Esta análise essa considerou os valores médios para cada uma das variáveis de uso e ocupação envolvidas na simulação. As Tabelas 24 e 25 mostram os valores considerados na simulação computacional. Para o número de ocupantes, considerou-se dois por dormitório.

Tabela 24 – Rotinas de operação utilizadas no experimento de simulação computacional, para ocupação, operação de portas e janelas e iluminação.

Variável (Rotinas)	Unidade	Médio
Ocupação dos dormitórios	horas/ano	3229
Ocupação da cozinha	horas/ano	1623
Ocupação da sala	horas/ano	1785
Operação de janelas nos dormitórios	horas/ano	3683
Operação de janelas na cozinha	horas/ano	4058
Operação de janelas na sala	horas/ano	2239
Operação de portas nos dormitórios	horas/ano	5099
Operação de portas na cozinha	horas/ano	3255
Operação de portas na sala	horas/ano	2434
Iluminação nos dormitórios	horas/dia	1.167
Iluminação na cozinha	horas/dia	3.000
Iluminação na sala	horas/dia	2.000

Tabela 25 – Densidades de potências instaladas utilizadas na simulação computacional, para equipamentos e iluminação.

Variável (Potência instalada)	Unidade	Médio
Equipamentos nos dormitórios	W/m <sup>2</sup>	18.28
Equipamentos na cozinha	W/m <sup>2</sup>	71.90
Equipamentos na sala	W/m <sup>2</sup>	19.31
Iluminação nos dormitórios	W/m <sup>2</sup>	3.82
Iluminação na cozinha	W/m <sup>2</sup>	2.59
Iluminação na sala	W/m <sup>2</sup>	2.01

### 3.3.3. Variáveis independentes

O experimento de simulação foi realizado para diferentes condições da envoltória dos modelos. Escolheu-se algumas características ligadas à envoltória de uma edificação para serem variadas e utilizadas no experimento de simulação.

A Tabela 26 mostra as variáveis independentes utilizadas no experimento. Variou-se a transmitância térmica, capacidade térmica e absorvância solar de paredes e cobertura. A área de abertura e a existência de sombreamento, e a orientação solar da edificação.

Todas as variáveis foram consideradas com dois níveis de variação, exceto a orientação solar, com quatro níveis. O experimento resultou em 1024 simulações computacionais com o programa *EnergyPlus*.

A área de abertura foi considerada como um percentual em relação à área útil do respectivo ambiente, e respeitou-se a localização da abertura na fachada do Modelo de Forma respectivo. Sendo assim, escolheu-se a variação de 10% e 25% da área útil de cada ambiente, conforme os limites da NBR 15220-3 (ABNT, 2005) de aberturas pequenas e médias, respectivamente.

A Tabela 27 mostra as propriedades térmicas dos materiais utilizadas para se obter as variações necessárias na transmitância e capacidade térmica das paredes e coberturas.

Tabela 26 – Variáveis independentes do experimento de simulação computacional.

Variável	Código	Unidade	Nível 1	Nível 2	Nível 3	Nível 4
Transmitância térmica da cobertura	Ucob	W/m <sup>2</sup> K	1.31	4		
Capacidade térmica da cobertura	CTcob	kJ/m <sup>2</sup> K	20	220		
Absorvância solar da cobertura	αcob	-	0.1	0.9		
Transmitância térmica das paredes	Upar	W/m <sup>2</sup> K	1.75	4.4		
Capacidade térmica das paredes	CTpar	kJ/m <sup>2</sup> K	50	250		
Absorvância solar das paredes	αpar	-	0.1	0.9		
Área de abertura	abert	%	10	25		
Sombreamento das aberturas*	Somb	-	0	1		
Orientação solar da edificação	Solar	°	0	90	180	270

\*O sombreamento das aberturas (por veneziana) foi considerado nos dormitórios.

Tabela 27 – Propriedades térmicas dos materiais para a determinação dos níveis independentes de variação para parede e cobertura.

Propriedade térmica	Unidade	Parede (Tipo)				Cobertura (Tipo)			
		1	2	3	4	1	2	3	4
Transmitância térmica	[W/m <sup>2</sup> K]	1.75	1.75	4.4	4.4	1.31	1.31	4	4
Capacidade térmica	[kJ/m <sup>2</sup> K]	50	250	50	250	20	220	20	220
Espessura	[m]	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
Condutividade térmica	[W/mK]	0.25	0.25	1.74	1.74	0.18	0.18	2.5	2.5
Densidade de massa aparente	[kg/m <sup>3</sup> ]	500	2500	500	2500	200	2200	200	2200
Calor específico	[J/kgK]	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000

### 3.3.4. Variáveis dependentes

Considerou-se as mesmas variáveis dependentes do Item 2.3.3.

### 3.3.5. Tratamento de dados

Utilizou-se a análise de variância para a determinação dos termos de influência de primeira ordem e segunda ordem com o valor-F conforme o método do item 2.3.4.

## 3.4. Resultados

Os resultados são divididos por amplitude de incertezas e variáveis mais influentes que geraram as incertezas.

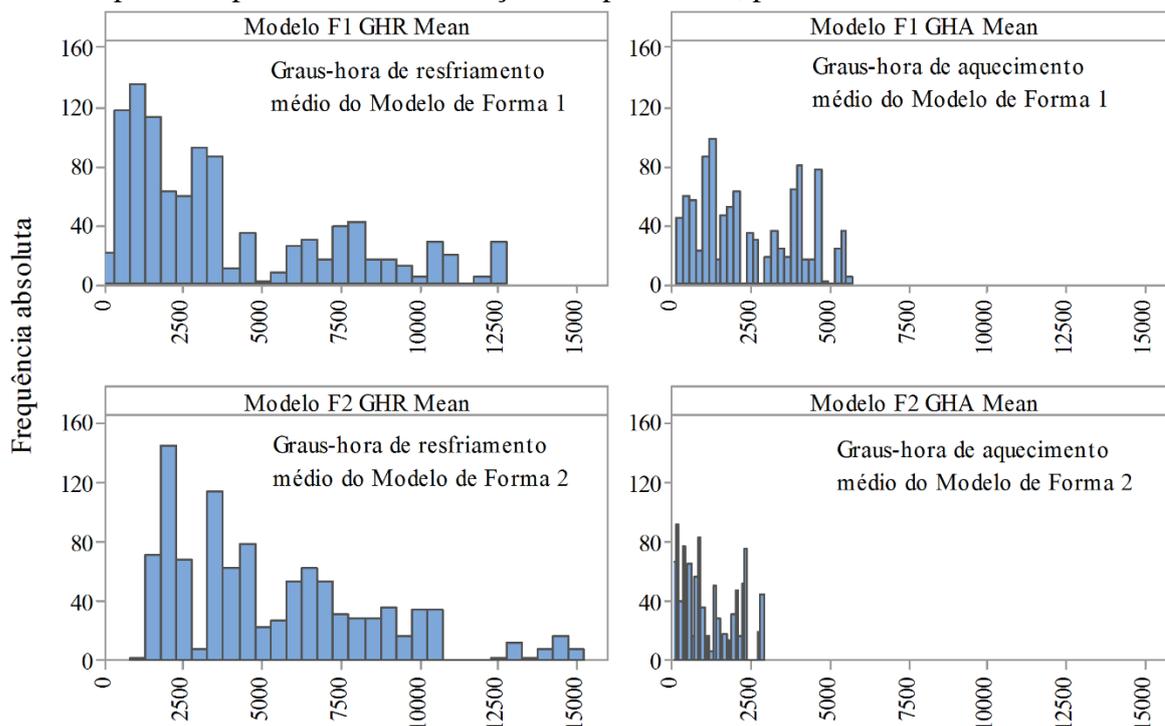
### 3.4.1. Amplitude dos resultados

A Figura 21 mostra os resultados em frequência de ocorrência absoluta para os graus-hora de resfriamento e aquecimento.

Percebe-se que a amplitude de variação foi grande e heterogênea. Nos graus-hora de resfriamento, percebe-se maior probabilidade de ocorrência em torno de 1200°Ch e 2000°Ch para os modelos de forma 1 e 2, respectivamente. No entanto, variações até 15000°Ch são encontradas, em algumas situações específicas. Os graus-hora de resfriamento, em média, são maiores no modelo de forma 2.

Os graus-hora de aquecimento são maiores no modelo de forma 1, sendo que alcançaram valores até 5600°Ch, e o máximo do modelo de forma 2 foi de 2800°Ch. Como o modelo de forma 2 é menor e mais compacto, o desempenho no aquecimento foi melhor do que no modelo de forma 1.

Figura 21 – Frequência absoluta de ocorrência para os graus-hora de resfriamento e aquecimento para o experimento de simulação computacional, para os modelos de forma 1 e 2.



Onde: Modelo F1 significa “modelo de forma 1” e modelo F2 significa “modelo de forma 2”. GHR significa graus-hora de resfriamento, e GHA significa graus-hora de aquecimento.

### 3.4.2. Variáveis mais influentes

A Tabela 28 mostra as variáveis mais influentes nos graus-hora de resfriamento e aquecimento.

Para os graus-hora de resfriamento, a primeira variável mais influente foi a absorvância solar da cobertura para ambos modelos de forma 1 e 2. No entanto, as demais variáveis são diferentes, sendo que a segunda é a transmitância térmica da cobertura no modelo 1 e a absorvância solar das paredes no modelo 2.

Para os graus-hora de aquecimento, as duas primeiras variáveis mais importantes são as mesmas (transmitância térmica da cobertura e das paredes) para ambos modelos 1 e 2. As demais são diferentes.

Esse resultado é muito importante pois vem de encontro com a determinação de variáveis mais influentes e que devem ser corretamente dimensionadas para se alcançar um melhor desempenho térmico no verão e no inverno (em períodos quentes e frios).

Os resultados específicos da influência das variáveis por meio de interações de segunda ordem estão reportados no Apêndice C.

Tabela 28 – Variáveis mais influentes nos graus-hora de resfriamento e aquecimento, para o modelo de forma 1 e 2.

Graus-hora de resfriamento médio do Modelo de Forma 1		Graus-hora de aquecimento médio do Modelo de Forma 1		Graus-hora de resfriamento médio do Modelo de Forma 2		Graus-hora de aquecimento médio do Modelo de Forma 2	
Fonte	Valor F	Fonte	Valor F	Fonte	Valor F	Fonte	Valor F
abskob	40,915.6	Ucob	39,375.1	abskob	26,411.0	Ucob	46,062.4
Ucob	18,888.0	Upar	8,985.4	abspar	11,201.4	Upar	18,070.2
Ucob*abskob	13,719.5	abskob	4,402.8	Ucob*abskob	6,049.2	Upar*Ucob	2,336.1
abspar	7,352.5	CTpar	1,619.3	Ucob	4,899.9	abskob	1,949.9
Upar	2,989.3	CTpar*Upar	1,619.3	abert	1,585.7	abspar	1,289.5
Upar*abspar	1,357.7	abspar	1,439.6	Upar*abspar	1,233.8	CTpar	1,271.3
CTpar	697.1	Ucob*abskob	865.0	Upar	1,165.9	CTpar*Upar	1,271.3
CTpar*Upar	697.1	Upar*Ucob	592.6	abskob*abert	896.2	Ucob*abskob	653.8
abspar*abskob	346.5	CTcob	542.1	abspar*abert	464.8	CTpar*Ucob	624.3
CTcob	301.8	CTcob*Ucob	542.1	Ucob*abert	410.7	CTcob	365.4

### 3.4.3. Análise dos resultados por variável mais influente

As Figuras 22 a 25 mostram os graus-hora de resfriamento e aquecimento médios separados por cada variável mais influente de cada modelo de forma.

No caso dos graus-hora de aquecimento e modelo de forma 1, os casos que geraram melhores desempenhos foram os com baixos valores de transmitância térmica das paredes e coberturas, e altos valores de absortância solar da cobertura e capacidade térmica das paredes. Também com pequena amplitude de variação.

Para o aquecimento do modelo de forma 2, o melhor desempenho é obtido para baixos valores de transmitância térmica das paredes e coberturas. Valores baixos ou altos de absortância solar não causam muita diferença nesse grupo específico de dados, obtendo valores médios semelhantes.

No caso dos graus-hora de resfriamento do modelo de forma 1, o melhor desempenho é obtido com valores baixos para as quatro variáveis mais influentes (absortância solar da cobertura, transmitância térmica da cobertura, absortância solar das paredes e transmitância térmica das paredes). No entanto, se alterar-se apenas a transmitância térmica da cobertura e mantiver os demais em níveis baixos, o desempenho também é semelhante.

O mesmo acontece para o modelo de forma 2, no qual a área de abertura no grupo específico de dados de bom desempenho não influencia muito.

Figura 22 – Graus-hora de aquecimento médio do modelo de forma 1 dividido pelas variáveis mais influentes (transmitância térmica da cobertura, transmitância térmica das paredes, absorptância solar da cobertura e capacidade térmica das paredes).

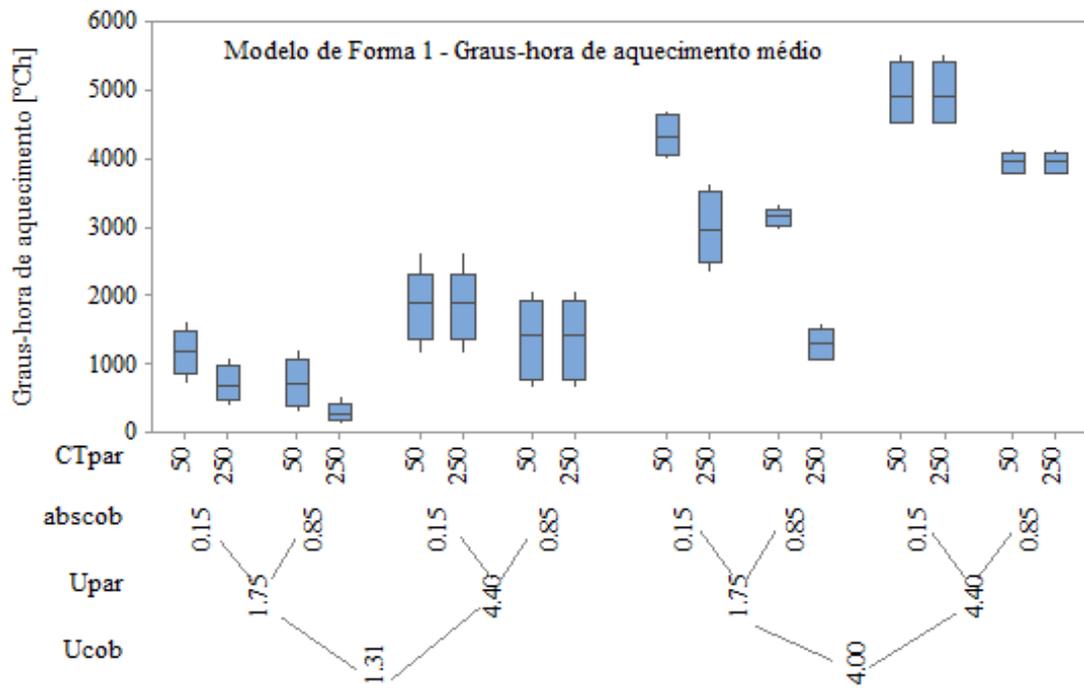


Figura 23 – Graus-hora de resfriamento médio do modelo de forma 1 dividido pelas variáveis mais influentes (absorptância solar da cobertura, transmitância térmica da cobertura, absorptância solar das paredes e transmitância térmica das paredes).

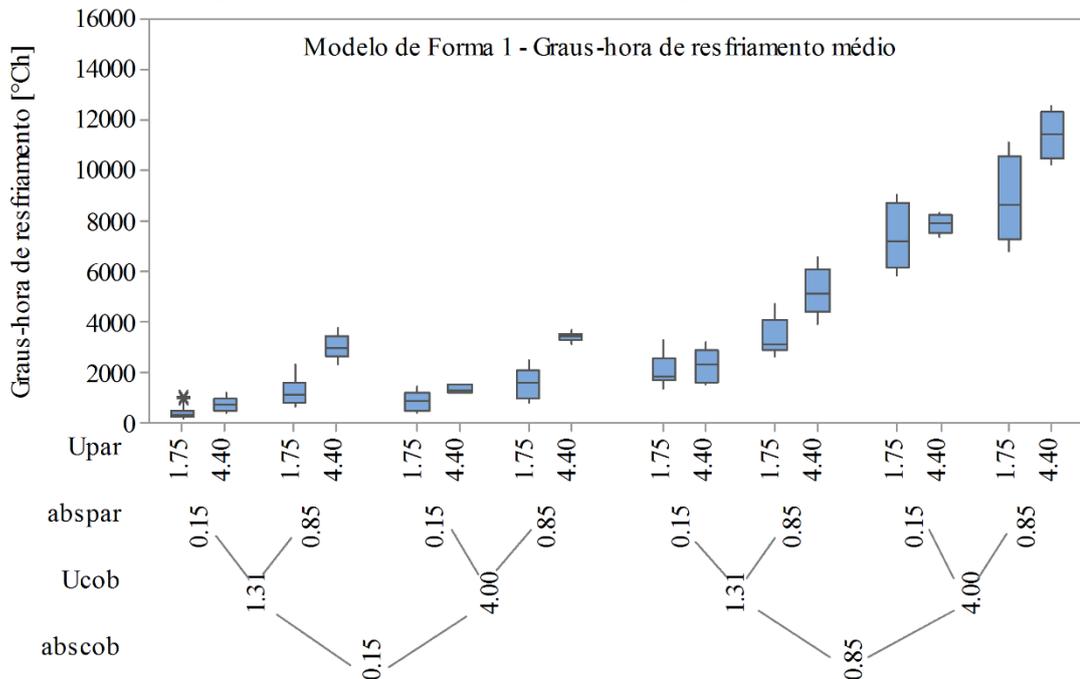


Figura 24 – Graus-hora de aquecimento médio do modelo de forma 2 dividido pelas variáveis mais influentes (transmitância térmica da cobertura, transmitância térmica das paredes, absorptância solar da cobertura e absorptância solar das paredes).

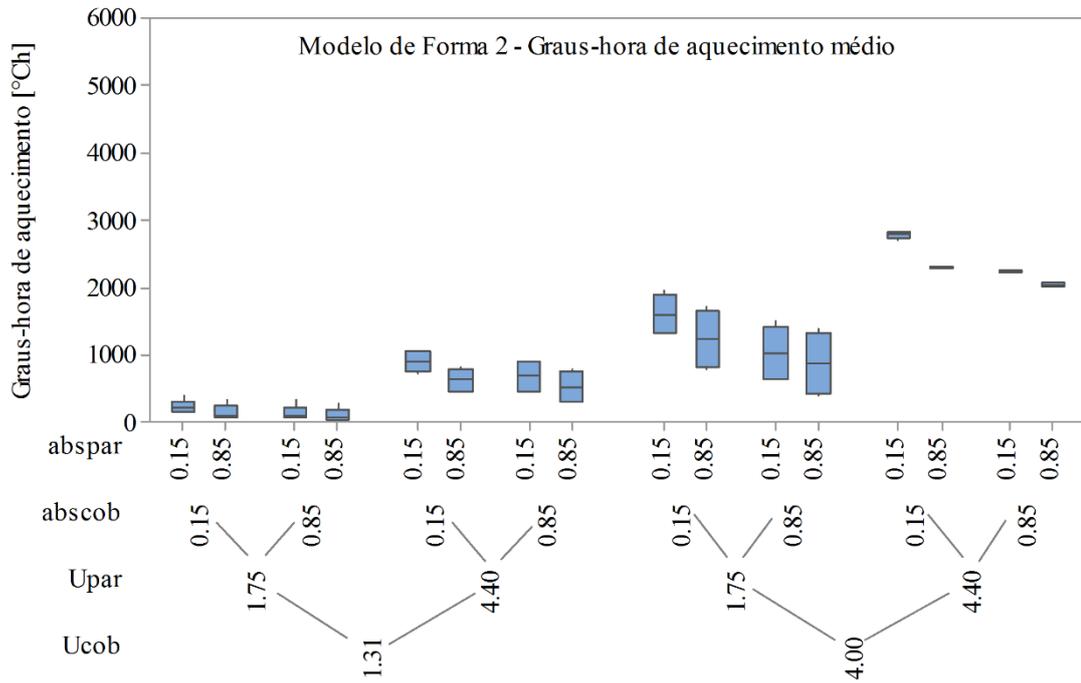
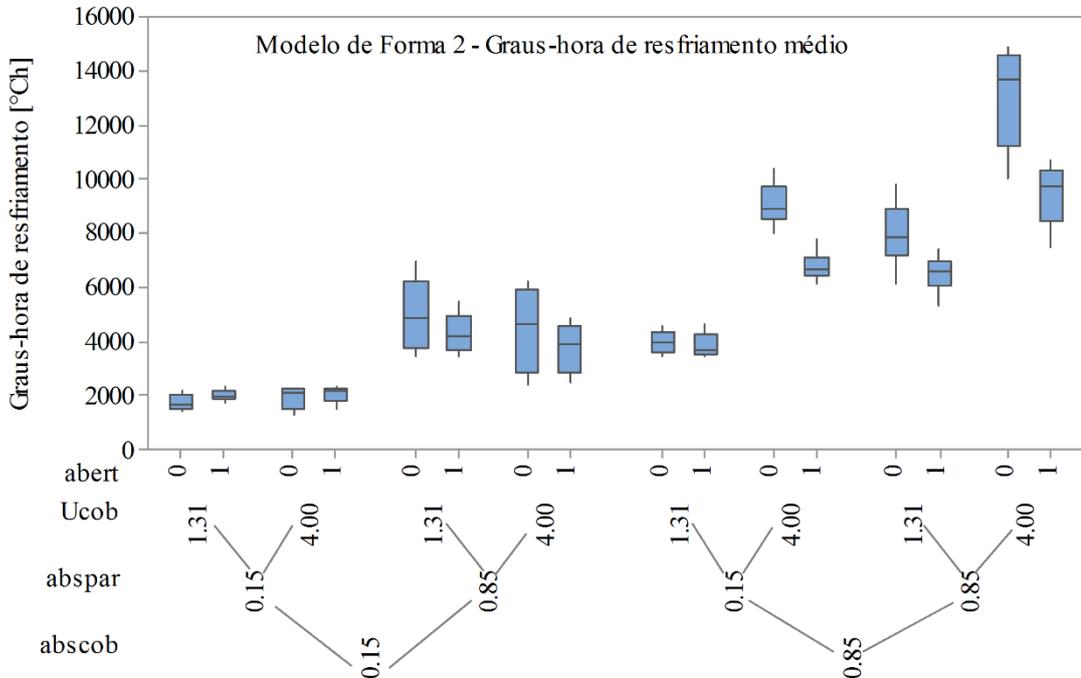


Figura 25 – Graus-hora de resfriamento médio do modelo de forma 2 dividido pelas variáveis mais influentes (absorptância solar da cobertura, absorptância solar das paredes, transmitância térmica da cobertura e área de aberturas).



### **3.5. Considerações sobre a simulação computacional**

O trabalho mostrou uma análise de experimento fatorial por simulação computacional, de forma a se encontrar as variáveis mais influentes no desempenho térmico de edificações residenciais para o clima de Florianópolis-SC.

Foram identificadas as variáveis mais influentes no desempenho térmico para aquecimento e resfriamento para os dois modelos de forma definidos no projeto de pesquisa.

Diferentes variáveis são influentes no aquecimento e no resfriamento, e no modelo de forma 1 e 2. As principais são transmitância térmica da cobertura, transmitância térmica das paredes, absorvância solar da cobertura e absorvância solar das paredes, com pesos diferentes em cada caso.

Ao se dimensionar corretamente o valor de cada uma dessas variáveis, pode-se obter recomendações para bom desempenho térmico dessas edificações, como mostrado nesse trabalho.

## 4. SIMULAÇÕES COMPUTACIONAIS PARA DIVERSAS CIDADES NO BRASIL

### 4.1. Introdução

Neste item foram utilizados os modelos de forma desenvolvidos e apresentados no Item 1.4.1 deste volume, simulando-os para três cidades do Brasil. Foi utilizado o método de avaliação do nível de eficiência energética da envoltória por simulação computacional do Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Residenciais – RTQ-R (INMETRO, 2012).

As simulações foram realizadas para as cidades de Florianópolis-SC, Curitiba-PR e Belém-PA, correspondentes às zonas bioclimáticas 3, 2 e 8, respectivamente conforme a NBR 15220-3 (ABNT, 2005). Foram variados alguns parâmetros físicos e geométricos dos modelos de forma analisados, como as propriedades térmicas das paredes e da cobertura, as áreas de abertura das janelas, a orientação solar e a existência de venezianas nas janelas dos dormitórios. Os parâmetros foram variados fatorialmente para realização de uma análise de variância (ANOVA) dos resultados das simulações. A ANOVA permite identificar quais dos parâmetros variados mais influenciam nos resultados das simulações.

### 4.2. Objetivo

O objetivo desta análise é determinar as variáveis da envoltória mais influentes na eficiência energética de habitações de interesse social para três cidades do Brasil.

### 4.3. Método

Neste item são mostradas as etapas para a determinação das variáveis mais influentes na eficiência energética das habitações, ou seja, uma análise de sensibilidade nas variáveis do envelope.

#### 4.3.1. Configuração das simulações computacionais

No método de avaliação do nível de eficiência energética da envoltória por simulação do RTQ-R, deve-se modelar a unidade habitacional com suas próprias características físicas e geométricas, propriedades térmicas dos elementos construtivos e orientação. Devem ser realizadas simulações para duas condições: uma para a edificação quando naturalmente ventilada e outra para a edificação quando condicionada artificialmente.

O RTQ-R fixa os padrões de ocupação, de iluminação e as cargas internas consideradas em todas as habitações unifamiliares. Isto é necessário para possibilitar a comparação do desempenho termoenergético entre as habitações, desconsiderando a influência do usuário.

Segundo o RTQ-R existem alguns pré-requisitos que o programa de simulação computacional deve atender. O programa deve ser validado pelos testes da Standard 140 (ASHRAE, 2004); analisar o consumo de energia; modelar 8.760 horas por ano; modelar variações horárias de ocupação, potência de iluminação e equipamentos, rede de ventilação natural e sistemas de condicionamento artificial, definidos separadamente para cada dia da semana e feriados; modelar efeitos de inércia térmica e de multi-zonas térmicas; ter capacidade de simular as estratégias bioclimáticas adotadas em projeto; determinar a capacidade solicitada pelo sistema de condicionamento de ar; e produzir relatórios horários das trocas de ar, das infiltrações e do uso final de energia (INMETRO, 2012).

Neste trabalho foi utilizado o programa *EnergyPlus* versão 8.0, que atende todas às exigências do RTQ-R para o programa de simulação.

### 4.3.2. Modelagem das habitações unifamiliares

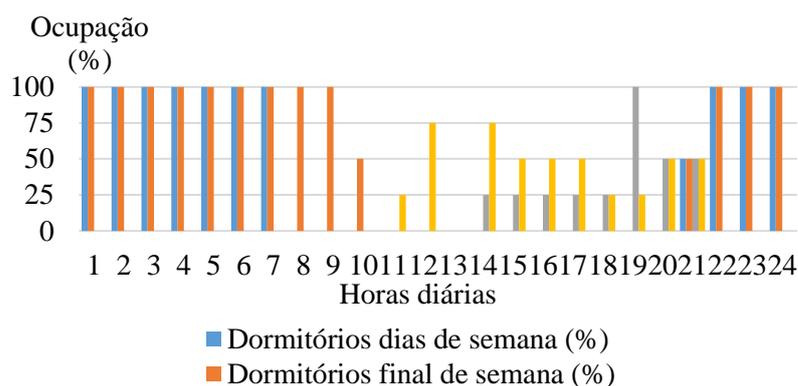
Foram utilizados os modelos de forma 1 e 2 definidos no Item 1.4.1.

### 4.3.3. Configurações da simulação

De acordo com o RTQ-R, o arquivo climático utilizado na simulação computacional deve fornecer valores horários para todos os resultados obtidos na simulação, tais como temperatura e umidade, direção e velocidade do vento, radiação solar, temperatura operativa, consumos, entre outros. Os dados climáticos devem ser representativos da zona bioclimática onde a habitação se localiza. Os arquivos utilizados devem ser disponibilizados pelo Departamento de Energia dos Estados Unidos ([www.eere.energy.gov](http://www.eere.energy.gov)) ou pelo Procel ([www.procelinfo.com.br/etiquetagem\\_edificios](http://www.procelinfo.com.br/etiquetagem_edificios)), em formatos tais como TRY e TMY. Neste trabalho foram utilizados os arquivos TRY determinado por Goulart, Lamberts e Firmino (1998), disponibilizado pelo Laboratório de Eficiência Energética em Edificações ([www.labeee.ufsc.br](http://www.labeee.ufsc.br)).

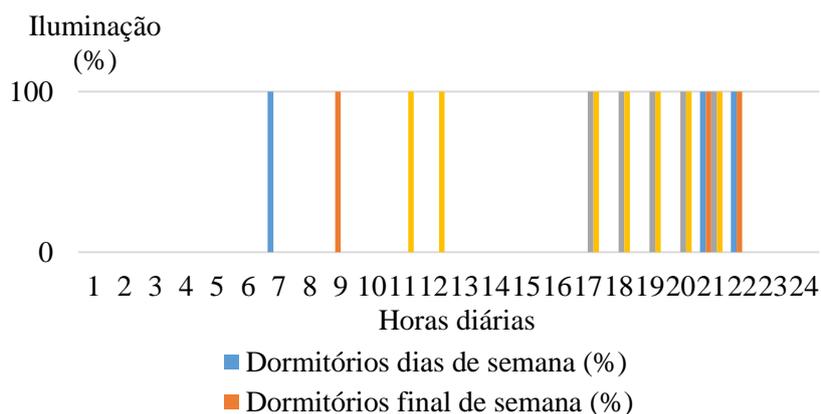
O padrão de ocupação mínimo dos dormitórios é de duas pessoas por ambiente e para a sala devem ser somadas as ocupações dos dormitórios. Caso haja mais de uma sala ou outro ambiente de permanência prolongada exceto dormitórios, a ocupação adotada para a sala pode ser distribuída entre esses ambientes. Devem ser modelados padrões de ocupações diferentes dos ambientes para os dias da semana e finais de semana. O RTQ-R apresenta valores pré-definidos através da porcentagem das pessoas disponíveis em cada hora do dia, nos ambientes de permanência prolongada, para os dias da semana e finais de semana, conforme a Figura 26. Os valores das taxas de metabolismo são baseados na ASHRAE Handbook of Fundamentals (2009) que considera 81 W/pessoa nos dormitórios e 108 W/pessoa nas salas e sala/cozinha, considerando uma área de pele média de 1,80 m<sup>2</sup>.

Figura 26 – Padrão de ocupação fixado pelo RTQ-R.



O RTQ-R considera o uso do sistema de iluminação apenas em ambientes de permanência prolongada, e fixa padrões de uso para dias de semana e para o final de semana, conforme a Figura 27. Os valores 0% indicam que a iluminação do ambiente está desligada, enquanto o 100% indica que a mesma está ligada. A densidade de potência instalada com iluminação é de 6 W/m<sup>2</sup> nas salas e 5 W/m<sup>2</sup> nos dormitórios.

Figura 27 – Padrão de iluminação fixado pelo RTQ-R.



De acordo com o RTQ-R, as cargas internas de equipamentos são modeladas apenas para a sala e a densidade de potência instalada é de  $1,5 \text{ W/m}^2$  nas 24 horas do dia durante todo o período de simulação.

#### 4.3.4. Configuração da ventilação natural e do sistema de condicionamento artificial de ar

De acordo com o RTQ-R, todos os ambientes da unidade habitacional que possuem aberturas para ventilação devem ser modelados no sistema de ventilação natural. São consideradas aberturas para ventilação tanto janelas quanto portas. O regulamento também estipula que a unidade habitacional deve ser considerada em terreno de centro urbano, com coeficiente de rugosidade do entorno igual a 0,33, como recomendado pela ASHRAE (2009).

O RTQ-R fixa o valor do coeficiente de descarga e do coeficiente do fluxo de ar por frestas para janelas e portas retangulares em 0,60 e 0,001, respectivamente, e o expoente do fluxo de ar igual a 0,65.

O padrão de uso da ventilação natural é obtido neste estudo através da estratégia de controle automático por temperatura. Esse controle habilita a abertura das janelas quando a temperatura do ar interna do ambiente é igual ou superior à temperatura do termostato, fixada pelo RTQ-R em  $20^\circ\text{C}$ , e também quando a temperatura do ar interna é maior que a temperatura externa à habitação. Vale ressaltar que o RTQ-R desconsidera a umidade do ar na avaliação.

A simulação, quando a habitação for condicionada artificialmente, deve considerar o sistema ligado no período das 21h às 8h, e no restante do tempo considerar-se ventilação natural. A modelagem deve considerar o sistema instalado em todos os ambientes de permanência prolongada, exceto os dormitórios de serviço. O RTQ-R mantém a temperatura do termostato fixada em  $24^\circ\text{C}$  para resfriamento e em  $22^\circ\text{C}$  para aquecimento.

O RTQ-R fixa a taxa de fluxo de ar por pessoa em  $0,00944 \text{ m}^3/\text{s}$ , considerando contínuo o modo de operação do ventilador. A eficiência do ventilador foi mantida em 0,7 e a do motor em 0,9. Também foi fixada a razão entre o calor retirado do ambiente e a energia consumida pelo equipamento, o valor do Coeficiente de Performance (COP) da serpentina de refrigeração é igual a 3,00 W/W. A razão entre o calor fornecido ao ambiente e a energia consumida pelo equipamento (COP do sistema de aquecimento) foi fixada em 2,75 W/W e o número máximo de horas não atendidas do sistema de condicionamento de ar de 10%.

### 4.3.5. Planejamento de experimento fatorial

De forma a determinar as variáveis mais influentes nas variáveis de saída foi realizado um experimento fatorial. Esse experimento é uma técnica estatística de amostragem multivariada que permite analisar a variância de diferentes variáveis em relação a uma variável de saída.

Algumas variáveis foram consideradas no experimento de simulação a fim de se determinar quais desses (individualmente ou associado a outro parâmetro) exercem maior influência nos resultados de graus hora de resfriamento e nos consumos relativos para aquecimento e refrigeração.

As configurações e propriedades térmicas das paredes e da cobertura estão relacionadas aos materiais que compõem as mesmas. A análise das configurações foi realizada para duas propriedades térmicas, tanto das paredes quanto da cobertura: a transmitância térmica e a capacidade térmica.

Os parâmetros variados possuem níveis de variação e valores predeterminados que, combinados entre si de forma fatorial, resultam em conjuntos paramétricos de valores ordenados. A variação simultânea de todos os parâmetros permite a avaliação de todas as combinações possíveis dos parâmetros. A Tabela 29 resume todos os dez parâmetros variáveis na análise, juntamente com a quantidade de níveis de variação de cada parâmetro e os seus valores adotados.

Foram determinados dois níveis de variação para a maioria das propriedades, que representam um valor baixo e um valor alto, necessários para realização do projeto de experimento fatorial.

A capacidade térmica e a transmitância térmica, tanto da cobertura quanto das paredes externas, foram variadas entre dois valores considerados extremos de acordo com os valores encontrados no catálogo de propriedades térmicas desenvolvido por Morishita et al. (2011). Para a simulação computacional foram considerados quatro tipos de paredes e quatro configurações de coberturas, visando a combinação entre todos os níveis das propriedades térmicas. Para cada tipo de parede e cobertura foi criado um material fictício cujas propriedades térmicas alcançam os valores de capacidade e transmitância térmica desejados, conforme apresentado na Tabela 30.

Tabela 29 – Parâmetros considerados variáveis na análise e seus valores adotados.

Parâmetro	Símbolo	Unidade	Níveis	Valores
Transmitância térmica da cobertura	Ucob	W/m <sup>2</sup> .K	2	1,31/4,0
Capacidade térmica da cobertura	CTcob	kJ/m <sup>2</sup> .K	2	20/220
Absortância solar da cobertura	abscob	adimensional	2	0,15/0,58
Transmitância térmica das paredes	Upar	W/m <sup>2</sup> .K	2	1,75/4,4
Capacidade térmica das paredes	CTpar	kJ/m <sup>2</sup> .K	2	50/250
Absortância solar das paredes	abspar	adimensional	2	0,15/0,85
Área de abertura das janelas	abert	%	2	10/25
Existência de veneziana	somb	adimensional	2	0/1
Orientação solar	solar	graus	4	0/90/180/270

Tabela 30 – Propriedades térmicas dos materiais fictícios criados para paredes e coberturas.

<b>Propriedade térmica das paredes externas</b>	<b>Tipo 1</b>	<b>Tipo 2</b>	<b>Tipo 3</b>	<b>Tipo 4</b>
Transmitância térmica [W/m <sup>2</sup> .K]	1,75	1,75	4,40	4,40
Capacidade térmica [kJ/m <sup>2</sup> .K]	50	250	50	250
Espessura [m]	0,1	0,1	0,1	0,1
Condutividade térmica [W/m.K]	0,25	0,25	1,74	1,74
Densidade de massa aparente [kg/m <sup>2</sup> ]	500	2500	500	2500
Calor específico [J/kg.K]	1000	1000	1000	1000
<b>Propriedade térmica da cobertura</b>	<b>Tipo 1</b>	<b>Tipo 2</b>	<b>Tipo 3</b>	<b>Tipo 4</b>
Transmitância térmica [W/m <sup>2</sup> .K]	1,31	1,31	4,00	4,00
Capacidade térmica [kJ/m <sup>2</sup> .K]	20	220	20	220
Espessura [m]	0,1	0,1	0,1	0,1
Condutividade térmica [W/m.K]	0,18	0,18	2,50	2,50
Densidade de massa aparente [kg/m <sup>2</sup> ]	200	2200	200	2200
Calor específico [J/kg.K]	1000	1000	1000	1000

A absorvância solar, tanto das paredes externas quanto da cobertura, foi variada em dois níveis extremos e independente dos componentes analisados.

A área de abertura das janelas dos ambientes de permanência prolongada foi variada em dois níveis: (10) considerando a área de abertura das janelas relativa a 10% da área útil do seu respectivo ambiente e (25) considerando a área de abertura das janelas relativa a 25% da área útil do seu respectivo ambiente.

Também foi variada a existência de veneziana como sombreamento nas janelas em dois níveis: (0) caso não haja ou (1) caso haja veneziana. Por fim, a orientação solar foi variada em quatro níveis: (0) norte, (90) leste, (180) sul e (270) oeste.

O número de combinações fatoriais dos parâmetros variáveis é dado pela multiplicação entre os seus níveis, conforme a Equação 13. Para o presente estudo, foram determinadas 1042 combinações. Considerando as duas condições: simulação da unidade habitacional quando naturalmente ventilada e quando condicionada artificialmente, no total foram 2048 simulações para cada modelo de forma e zona bioclimática. Totalizando 12.756 simulações.

$$CF = a \times b \times \dots \times n \quad (13)$$

Onde:

$CF$  é o número de combinações fatoriais, observações;

$a$  é o nível de valores referente ao parâmetro A;

$b$  é o nível de valores referente ao parâmetro B;

$n$  é o nível de valores referente ao parâmetro N.

As simulações foram igualmente configuradas com os conjuntos de valores das combinações paramétricas, resultando em 12.756 simulações (1042 combinações x 2 modelos de forma x 2 tipos de condicionamento ambiental de x 3 cidades).

#### 4.3.6. Tratamento dos dados de saída das simulações

Como visto anteriormente, deve-se modelar a habitação com todos seus ambientes e características geométricas e físicas, porém, são analisados apenas os resultados referentes aos ambientes de permanência prolongada. O RTQ-R determina como ambientes de permanência

prolongada os dormitórios, os ambientes de trabalho, as salas e as salas com cozinhas conjugadas (sala/cozinha). Os banheiros e a cozinha, quando não conjugada com a sala, não são considerados ambientes de permanência prolongada.

Para as simulações considerando apenas ventilação natural, os dados de saída do programa computacional são as temperaturas operativas horárias de cada ambiente de permanência prolongada da habitação. A partir das temperaturas operativas horárias, foi calculado o indicador de graus hora de resfriamento através da Equação 14. A temperatura base para o cálculo dos graus hora de resfriamento é de 26°C.

$$GHR_{amb} = \begin{cases} \text{se } T_i > 26^\circ\text{C}, & \sum_{i=0}^{8760} (T_i - 26^\circ\text{C}) \\ \text{se } T_i \leq 26^\circ\text{C}, & 0 \end{cases} \quad (14)$$

Onde:

$GHR_{amb}$  é o indicador de graus hora de resfriamento de cada ambiente de permanência prolongada [°Ch];

$T_i$  são as temperaturas operativas em cada uma das 8760 horas do ano [°C];

$i$  são as horas do ano [h].

Para as simulações considerando condicionamento artificial de ar, os dados de saída do programa são os consumos de energia anuais com aquecimento e refrigeração nos dormitórios, e o consumo de energia com aquecimento nas salas, no período das 21h às 8h. O consumo relativo com aquecimento e com refrigeração foram calculados, respectivamente, com as Equações 15 e 16.

$$CA_{amb} = \frac{CA_{amb_{anual}}}{AU_{amb}} \quad (15)$$

$$CR_{amb} = \frac{CR_{amb_{anual}}}{AU_{amb}} \quad (16)$$

Onde:

$CA_{amb_{anual}}$  é o consumo anual de energia elétrica com aquecimento noturno de cada ambiente de permanência prolongada [kWh/ano];

$CR_{amb_{anual}}$  é consumo anual de energia elétrica com refrigeração noturno de cada dormitório [kWh/ano];

$CA_{amb}$  é o consumo relativo com aquecimento de cada ambiente de permanência prolongada [kWh/m<sup>2</sup>.ano];

$CR_{amb}$  é o consumo relativo com refrigeração de cada dormitório [kWh/m<sup>2</sup>.ano];

$AU_{amb}$  é a área útil de cada ambiente de permanência prolongada [m<sup>2</sup>].

#### 4.3.7. Análise de variância

Os resultados obtidos nas 12.576 simulações computacionais foram tratados e submetidos à análise de variância, onde foram determinados os parâmetros físicos e geométricos que exercem maior influência nos resultados. Por meio da análise de variância, foi determinada a influência que cada parâmetro exerce nas observações, ou seja, o efeito causado nos dados de saída (resultados das simulações e equivalentes numéricos) produzidos a partir da variação dos dados de entrada (parâmetros variáveis).

Nesta etapa, foi feito uso do programa estatístico Minitab v17. No programa foram inseridos os valores dos parâmetros dispostos conforme as 1042 combinações paramétricas determinadas fatorialmente, juntamente com os resultados obtidos através das simulações dos modelos de forma configurados com cada uma das combinações.

O programa estatístico determinou qualitativamente através do valor-F quais são os parâmetros físicos e geométricos mais influentes nos resultados de graus hora para resfriamento e de consumos relativos para aquecimento e refrigeração dos ambientes de permanência prolongada.

#### 4.4. Resultados

Os resultados são os parâmetros mais influentes nos graus hora para resfriamento e no consumo relativos para aquecimento e refrigeração. O Apêndice D mostra os resultados completos para as variáveis mais influentes nos graus-hora de resfriamento, consumo relativo com refrigeração e consumo relativo com aquecimento para as três cidades simuladas (Florianópolis, Belém, Curitiba) e para os dois modelos de forma da habitação.

##### 4.4.1. Florianópolis

A Figura 28 mostra a variabilidade do consumo relativo com aquecimento para Florianópolis, para os modelos de forma 1 e 2, considerando o experimento fatorial nos parâmetros do envelope. As mesmas informações são mostradas na Figura 29 para o consumo relativo com refrigeração, e na Figura 30 para os graus-hora de resfriamento.

Percebe-se que a amplitude dos resultados é grande no consumo relativo com aquecimento, sendo desde 0 até 240 kWh/m<sup>2</sup>.ano para o modelo de forma 1 e um pouco mais elevado para o modelo de forma 2. Ou seja, mesmo com a variação dos parâmetros do envelope, o modelo de forma 2 resultará em maior consumo relativo com aquecimento do que o modelo de forma 1.

No consumo relativo com refrigeração (ver Figura 29) a amplitude dos resultados é semelhante entre os modelos de forma. A variação é desde 0 até aproximadamente 50 kWh/m<sup>2</sup>.ano. No entanto, há maior probabilidade de ocorrência em valores baixos de consumo de energia. O mesmo não ocorre no consumo com aquecimento, sendo que há alta probabilidade de ocorrência tanto em valores baixos como altos de consumo de energia.

Figura 28 – Histograma de frequência absoluta para o consumo relativo com aquecimento para Florianópolis e Modelos de Forma 1 e 2.

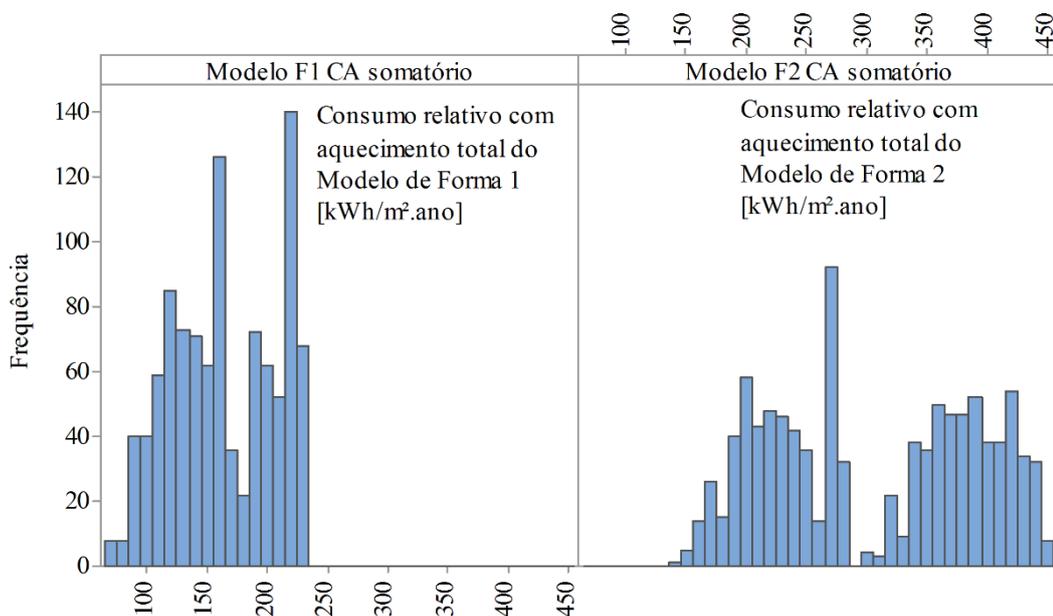


Figura 29 – Histograma de frequência absoluta para o consumo relativo com refrigeração para Florianópolis e Modelos de Forma 1 e 2.

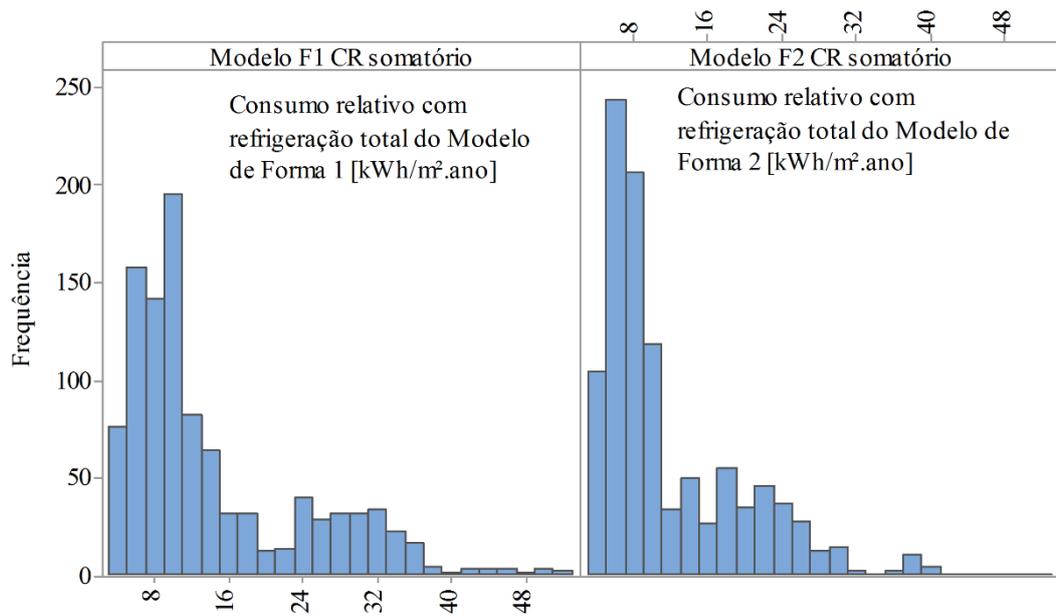
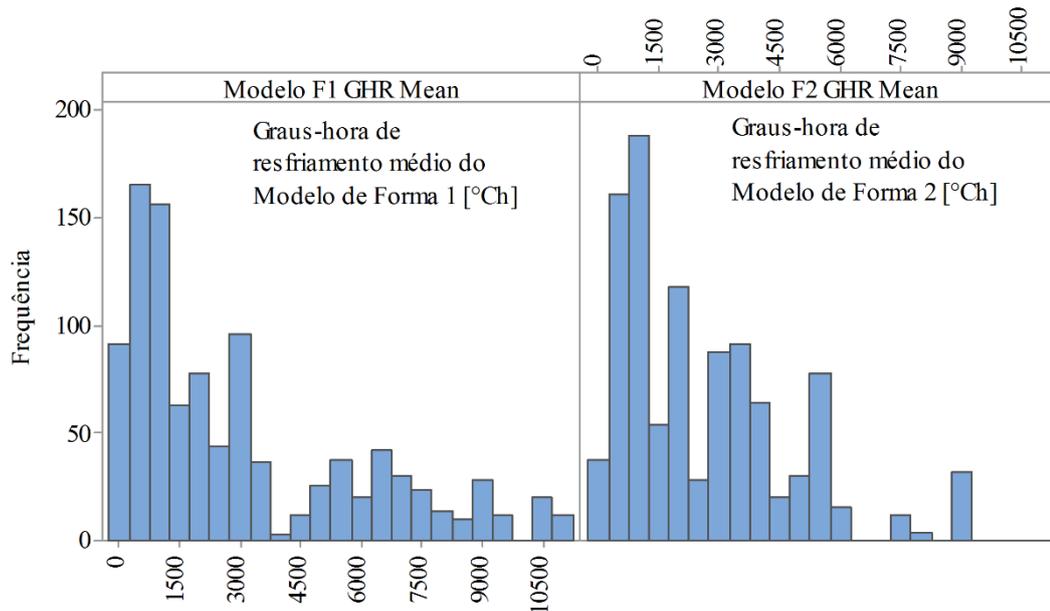


Figura 30 – Histograma de frequência absoluta para os graus-hora de resfriamento para Florianópolis e Modelos de Forma 1 e 2.



As Tabelas 31 a 33 apresentam os dez principais parâmetros que influenciam nos resultados de consumo relativo para aquecimento, para refrigeração, e graus-hora de resfriamento, respectivamente, para os dois modelos de forma analisados para o clima de Florianópolis.

Percebe-se que, no caso do aquecimento, há bastante diferença entre os parâmetros mais influentes em cada modelo de forma. No modelo de forma 1 a transmitância térmica da cobertura é responsável pela maior parte da variância, enquanto no modelo de forma 2 esse parâmetro é o segundo mais influente. No modelo de forma 2 a área de abertura para ventilação foi a variável mais influente.

No consumo de energia com refrigeração, a absorvância solar da cobertura foi a variável mais influente em ambos modelos de forma. As demais variáveis são semelhantes entre os modelos, sendo

a transmitância térmica das paredes e da cobertura, bem como suas capacidades térmicas. Nesse caso a absorptância solar das paredes é menos importante. Nos graus-hora de resfriamento as variáveis mais influentes são semelhantes às do consumo de energia com refrigeração, exceto a absorptância solar das paredes que aparenta maior influência nesse caso.

Tabela 31 – Parâmetros mais influentes no consumo relativo para aquecimento para Florianópolis.

Modelo de forma 1 - CA Florianópolis		Modelo de forma 2 - CA Florianópolis	
Fonte	Valor F	Fonte	Valor F
Ucob	45,127.6	abert	372,047.6
Upar	14,146.5	Ucob	37,910.8
abscob	2,363.3	Upar	18,869.6
CTcob	1,657.1	CTpar	2,319.4
CTcob*Ucob	1,657.1	CTpar*Upar	2,319.4
CTpar	1,643.9	abscob	1,901.2
CTpar*Upar	1,643.9	CTcob	1,564.7
abspar	744.4	CTcob*Ucob	1,564.7
CTcob*abscob	259.9	abspar	1,244.8
Upar*Ucob	223.7	solar	951.5

Tabela 32 – Parâmetros mais influentes no consumo relativo para refrigeração para Florianópolis.

Modelo de forma 1 - CR Florianópolis		Modelo de forma 2 - CR Florianópolis	
Fonte	Valor F	Fonte	Valor F
abscob	2,591.3	abscob	2,104.0
Ucob	2,115.1	Upar	1,873.7
Upar	1,388.3	Ucob	1,843.9
CTcob	1,111.6	CTpar	1,589.1
CTcob*Ucob	1,111.6	CTpar*Upar	1,589.1
CTpar	1,022.0	abspar	1,355.7
CTpar*Upar	1,022.0	CTcob	971.0
abspar	681.9	CTcob*Ucob	971.0
CTcob*abscob	396.5	CTcob*abscob	314.5
Upar*abscob	317.8	Upar*abscob	290.2

Tabela 33 – Parâmetros mais influentes nos graus hora para resfriamento para Florianópolis.

Modelo de forma 1 - GHR Florianópolis		Modelo de forma 2 - GHR Florianópolis	
Fonte	Valor F	Fonte	Valor F
abscob	29,238.4	abscob	11,352.3
Ucob	17,825.3	Ucob	6,989.3
Ucob*abscob	11,900.9	abspar	5,060.0
abspar	5,272.7	Ucob*abscob	4,149.6
Upar	3,388.7	Upar	2,797.0
Upar*abspar	1,323.3	Upar*abspar	1,130.0
CTpar	714.8	abert	913.6
CTpar*Upar	714.8	abscob*abert	791.7
CTcob	461.7	Ucob*abert	486.0
CTcob*Ucob	461.7	CTpar	429.7

#### 4.4.2. Belém

As Figuras 31 e 32 mostram a frequência de ocorrência para o consumo relativo com refrigeração e graus-hora de resfriamento. Não há necessidade de avaliar o aquecimento nesse clima, de acordo com o RTQ-R.

A amplitude de variação é semelhante entre os modelos de forma, variando desde 30 a 300 kWh/m<sup>2</sup>.ano no consumo com refrigeração e de 0 a 36000 °Ch nos graus-hora de resfriamento.

Figura 31 – Histograma de frequência absoluta para o consumo relativo com refrigeração para Belém e Modelos de Forma 1 e 2.

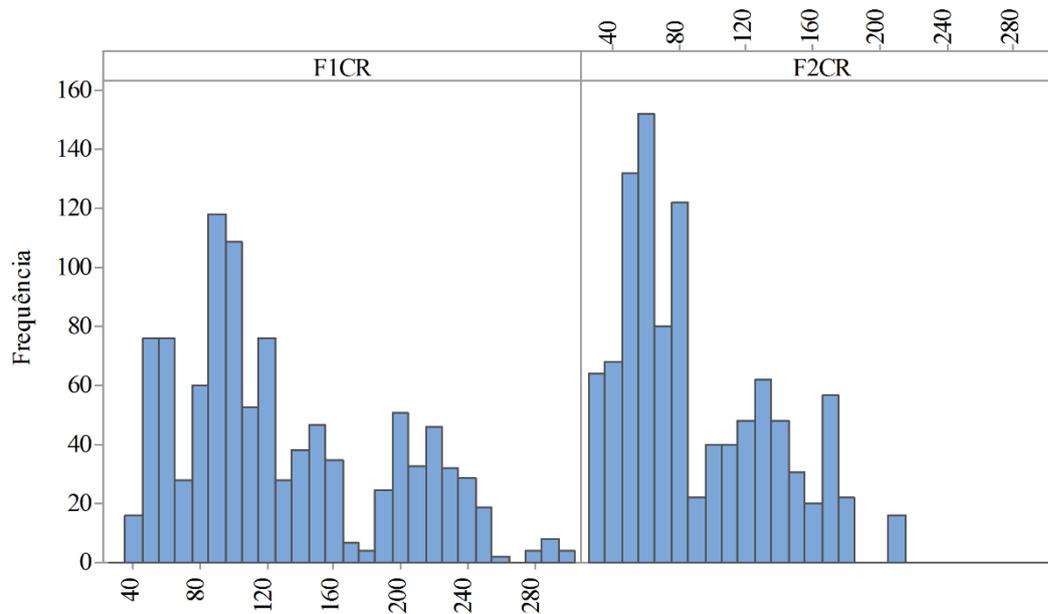
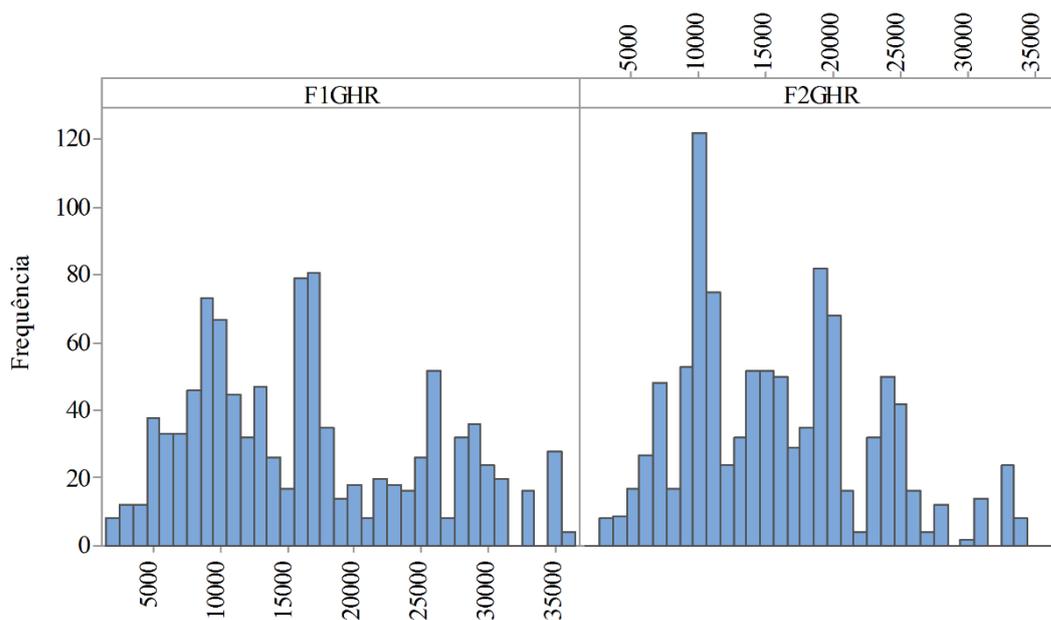


Figura 32 – Histograma de frequência absoluta para os graus-hora de resfriamento para Belém e Modelos de Forma 1 e 2.



As Tabelas 34 e 35 apresentam os dez principais parâmetros que influenciam no consumo relativo para refrigeração e nos graus hora para resfriamento, respectivamente, para os dois modelos de forma analisados para o clima de Belém. Na refrigeração a variável mais influente é a transmitância térmica da cobertura, seguido da transmitância térmica das paredes. No modelo de forma 2, ambas transmitâncias têm uma influência semelhante no desempenho.

Nos graus-hora de resfriamento a absorvância solar da cobertura e das paredes, e a transmitância térmica da cobertura são variáveis influentes. Entretanto, um maior é atribuído à absorvância solar.

Tabela 34 – Parâmetros mais influentes no consumo relativo para refrigeração para Belém.

Modelo de forma 1 - CR Belém		Modelo de forma 2 - CR Belém	
Fonte	Valor F	Fonte	Valor F
Ucob	5,908.9	Ucob	6,377.1
Upar	3,711.0	Upar	5,903.9
abscob	3,574.5	CTpar	3,301.6
CTpar	2,202.0	CTpar*Upar	3,301.6
CTpar*Upar	2,202.0	abscob	2,312.5
CTcob	1,429.5	CTcob	1,398.8
CTcob*Ucob	1,429.5	CTcob*Ucob	1,398.8
abspar	881.1	abspar	1,378.6
CTcob*abscob	290.5	CTcob*abscob	261.0
Upar*abscob	253.1	CTpar*abspar	226.8

Tabela 35 – Parâmetros mais influentes nos graus hora para resfriamento para Belém.

Modelo de forma 1 - GHR Belém		Modelo de forma 2 - GHR Belém	
Fonte	Valor F	Fonte	Valor F
abscob	128,045.0	abscob	36,092.4
Ucob	42,807.2	abspar	19,424.8
abspar	30,352.8	Ucob	12,098.0
Ucob*abscob	23,424.5	Ucob*abscob	6,927.1
Upar	10,282.4	Upar	5,106.9
Upar*abspar	2,926.8	abert	3,277.3
CTpar	2,201.0	abscob*abert	2,135.1
CTpar*Upar	2,201.0	Upar*abspar	1,489.1
abscob*abert	1,504.4	abspar*abert	1,169.1
CTcob	1,492.8	CTpar	860.3

#### 4.4.3. Curitiba

As Figuras 33 a 35 mostram as variáveis dependentes para Curitiba-PR em forma de histogramas de frequência de ocorrência. Percebe-se que a maior demanda em Curitiba é para aquecimento. No consumo relativo com aquecimento a amplitude de variação foi maior para o modelo de forma 1 do que no modelo de forma 2, variando de 180 a 570 kWh/m<sup>2</sup>.ano.

No consumo relativo com refrigeração e nos graus-hora de resfriamento há grande probabilidade de haver valores nulos, ou seja, consumo de energia e desconforto por calor nulos, dependendo das combinações das variáveis do envelope (ver Figura 34).

Figura 33 – Histograma de frequência absoluta para o consumo relativo com aquecimento para Curitiba e Modelos de Forma 1 e 2.

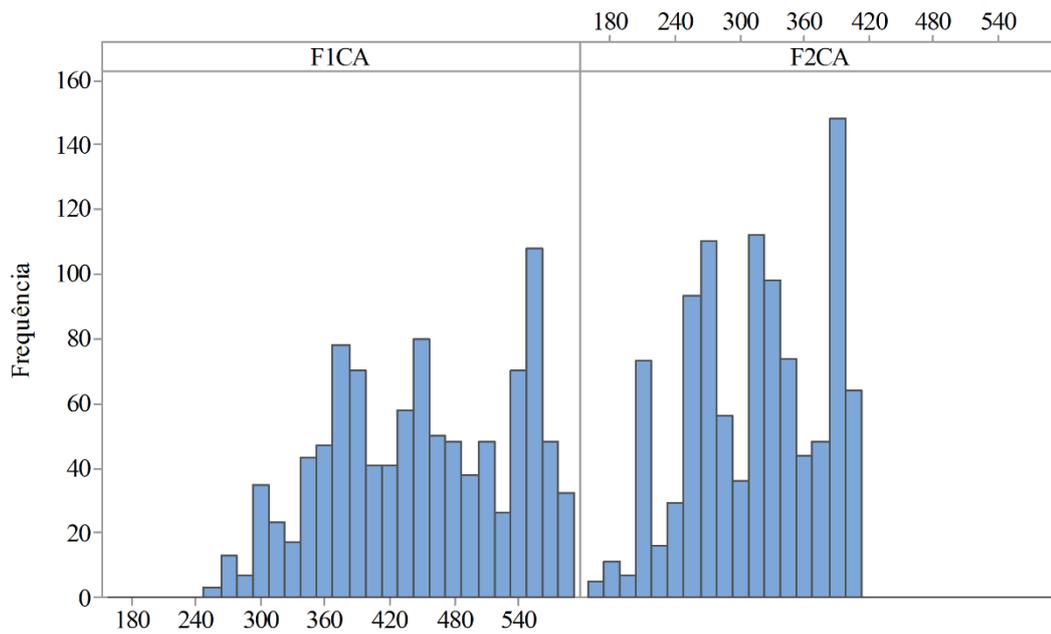


Figura 34 – Histograma de frequência absoluta para o consumo relativo com refrigeração para Curitiba e Modelos de Forma 1 e 2.

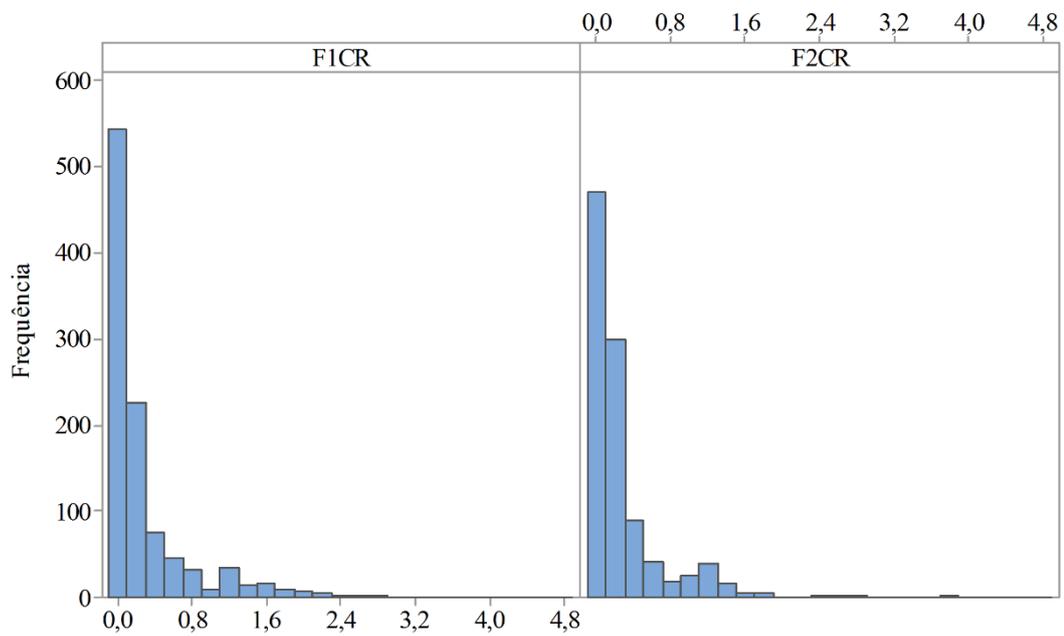
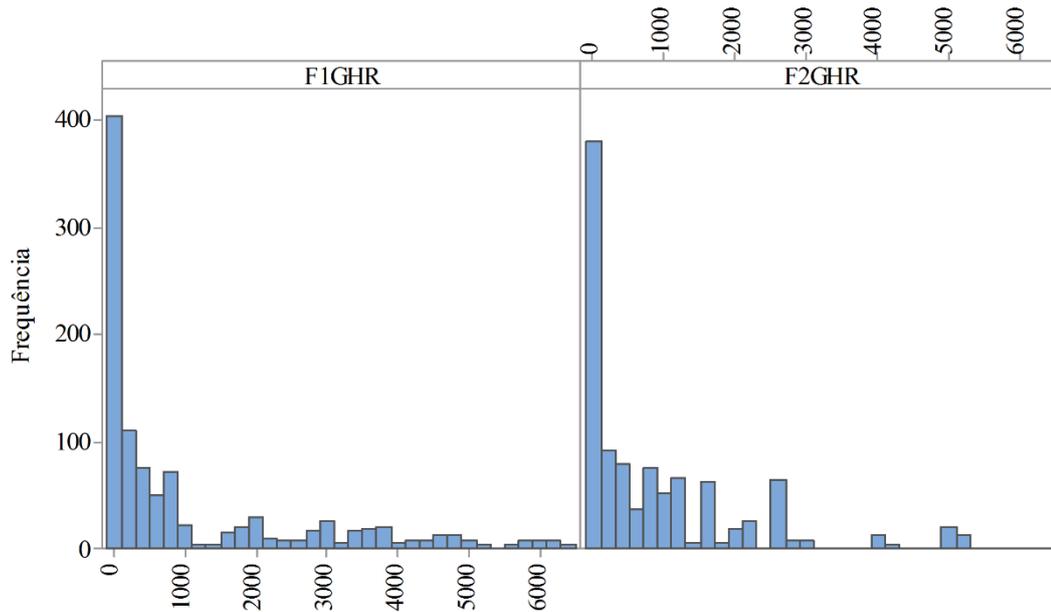


Figura 35 – Histograma de frequência absoluta para os graus-hora de resfriamento para Curitiba e Modelos de Forma 1 e 2.



As Tabelas 36 a 38 apresentam os dez principais parâmetros que influenciam nos resultados de consumo relativo com aquecimento, consumo relativo com refrigeração e graus hora de resfriamento, respectivamente, para os dois modelos de forma analisados para o clima de Curitiba.

No aquecimento (a maior demanda) a transmitância térmica da cobertura e das paredes externas foram as variáveis mais influentes, representando a maior parte da variância do experimento. O consumo de refrigeração mostrou a absorvância solar da cobertura e das paredes externas; os graus-hora de resfriamento mostraram a absorvância solar da cobertura e sua transmitância térmica.

Tabela 36 – Parâmetros mais influentes no consumo relativo para aquecimento para Curitiba.

Modelo de forma 1 - CA Curitiba		Modelo de forma 2 - CA Curitiba	
Fonte	Valor F	Fonte	Valor F
Ucob	35,927.1	Ucob	37,052.3
Upar	13,744.8	Upar	20,075.1
abscob	3,297.7	abscob	2,887.4
CTcob	1,449.5	abspar	1,680.3
CTcob*Ucob	1,449.5	CTcob	1,447.6
CTpar	1,005.0	CTcob*Ucob	1,447.6
CTpar*Upar	1,005.0	CTpar	1,403.5
abspar	959.6	CTpar*Upar	1,403.5
CTcob*abscob	305.5	CTcob*abscob	297.6
Upar*abscob	196.9	CTpar*abspar	211.6

Tabela 37 – Parâmetros mais influentes no consumo relativo para refrigeração para Curitiba.

Modelo de forma 1 - CR Curitiba		Modelo de forma 1 - CR Curitiba	
Fonte	Valor F	Fonte	Valor F
abscob	975.4	abscob	838.7
abspar	391.5	abspar	624.0
CTcob	364.0	Ucob	318.5
CTcob*Ucob	364.0	CTcob	284.1
Ucob	344.8	CTcob*Ucob	284.1
CTcob*abscob	318.5	CTcob*abscob	232.3
Ucob*abscob	183.2	abspar*abscob	207.1
abspar*abscob	150.0	Upar*abscob	128.8
Upar*abscob	68.3	Ucob*abscob	119.0
abert	61.4	Upar	118.6

Tabela 38 – Parâmetros mais influentes nos graus-hora de resfriamento para Curitiba.

Modelo de forma 1 - GHR Curitiba		Modelo de forma 1 - GHR Curitiba	
Fonte	Valor F	Fonte	Valor F
abscob	8,830.8	abscob	4,803.5
Ucob	6,673.9	Ucob	3,534.8
Ucob*abscob	5,762.6	Ucob*abscob	2,842.6
abspar	1,058.4	abspar	1,440.0
Upar	814.1	Upar	921.1
Upar*abspar	373.2	Upar*abspar	542.0
abspar*abscob	268.8	abert	504.8
CTpar	222.2	abscob*abert	427.9
CTpar*Upar	222.2	Ucob*abert	359.6
Upar*abscob	209.6	CTpar	151.1

#### 4.4.4. Comparativo entre as cidades

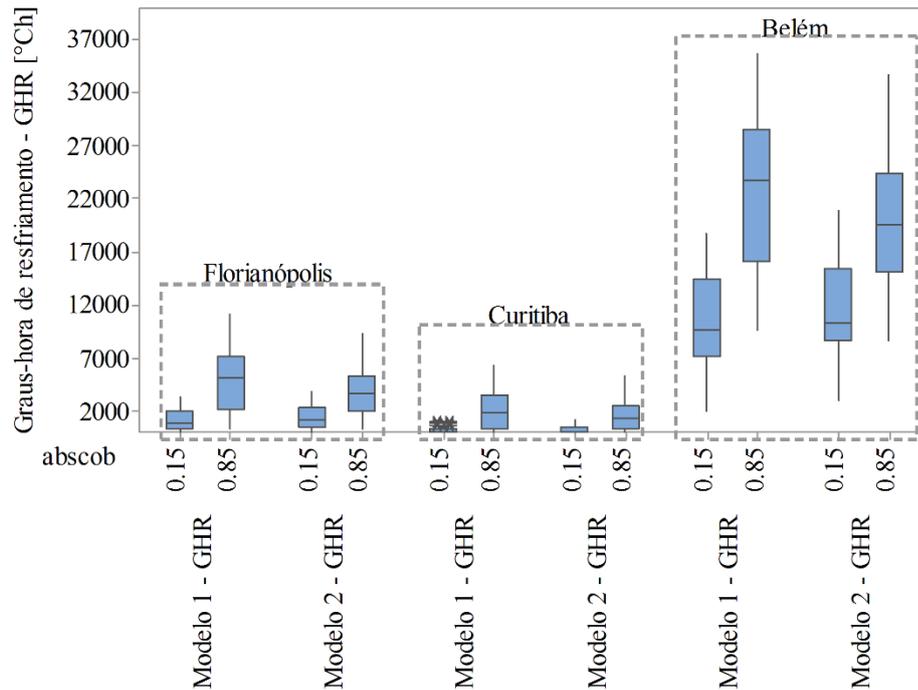
Este item mostra um comparativo do desempenho dos dois modelos de habitação para os três climas analisados, considerando a variável independente mais influente em cada caso.

A Figura 36 mostra a comparação entre os graus-hora de resfriamento para cada uma das cidades, separadas pela variável mais influente (absortância solar da cobertura). Primeiramente percebe-se a diferença entre os climas. Valores altos são obtidos para Belém (até 36.000°Ch em alguns casos), enquanto para Curitiba e Florianópolis os valores são sempre inferiores a 12.000°Ch.

Percebe-se a influência da absortância solar da cobertura nos dois modelos de forma, sendo que a absortância solar alta obteve sempre a maior mediana dos dados, bem como maior amplitude de incertezas. Ou seja, o comportamento do modelo com menor absortância é bem diferente do modelo com maior absortância, mesmo estando nas mesmas condições climáticas.

Quando a absortância solar é baixa, o desempenho entre os dois modelos de forma é semelhante (mesmo considerando as variações das outras variáveis); quando a absortância é alta, a media da distribuição de probabilidades do modelo 1 é maior do que no modelo 2. Isso acontece para todos os climas, e mais visível graficamente em Belém-PA.

Figura 36 – Comparativo entre os graus-hora de resfriamento para as três cidades analisadas.

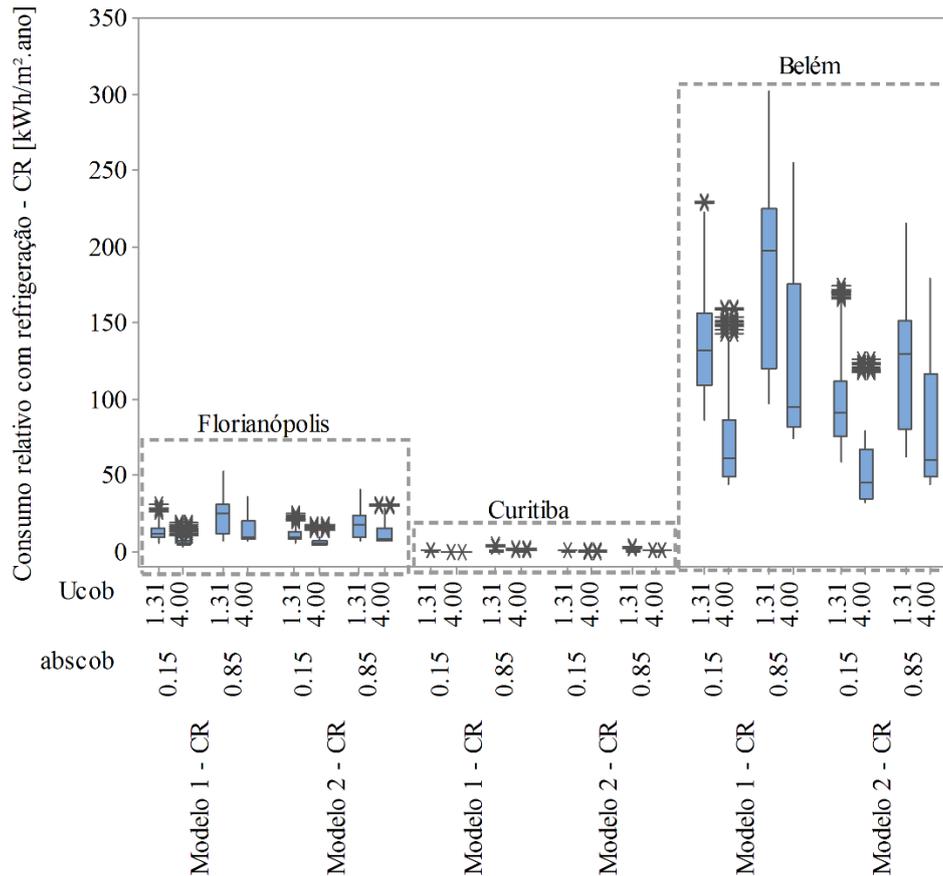


A Figura 37 mostra o comparativo do consumo relativo com refrigeração para as três cidades. Percebe-se que os valores obtidos para Belém são bem maiores que nas demais cidades. Em Curitiba foram obtidos vários valores nulos dependendo da combinação das variáveis do envelope. Nesse caso os dados foram divididos pela absorptância solar e transmitância térmica da cobertura (as variáveis mais influentes).

Os menores valores foram obtidos para baixa absorptância solar e alta transmitância térmica da cobertura, em todos os modelos e climas. Os piores casos possuem alta absorptância e baixa transmitância térmica. Isso ocorre pois essa variável dependente (consumo com refrigeração) é avaliado nos dormitórios no período noturno. Dessa forma, uma absorptância solar baixa evitaria o ganho de calor durante as horas de sol, e durante a noite a alta transmitância térmica permitiria uma maior perda de carga interna através da cobertura. Para Curitiba, na escala mostrada na figura, é difícil verificar a influência das variáveis.

O modelo de forma 1 possui pior desempenho do que o modelo de forma 2.

Figura 37 – Comparativo entre o consumo relativo com refrigeração para as três cidades analisadas.



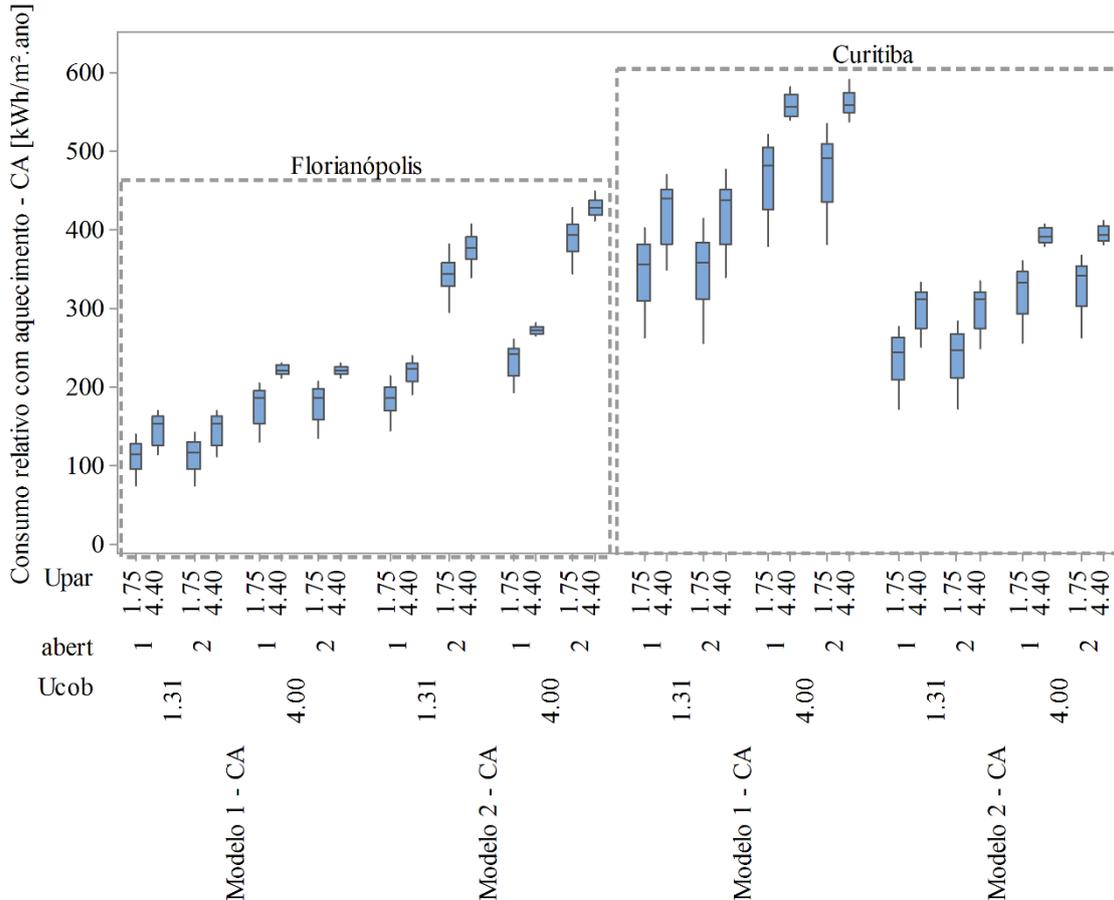
A Figura 38 mostra o comparativo do consumo relativo com aquecimento para Florianópolis e Curitiba. Os dados foram divididos pelas três variáveis mais influentes, sendo a transmitância térmica da cobertura, a área de abertura, e a transmitância térmica das paredes externas.

Um comportamento diferente foi observado entre os climas. Em Florianópolis, o desempenho do modelo de forma 1 é melhor do que no modelo de forma 2, possuindo também menor amplitude de variação do consumo. Da mesma forma, percebe-se que a área de abertura influencia mais no modelo de forma 2 do que no modelo 1, sendo que as distribuições de dados se distanciam mais.

Em Curitiba o modelo de forma 2 possui um desempenho melhor do que no modelo 1 (o contrário do obtido em Florianópolis). E a influência da área de abertura foi semelhante entre os modelos.

O melhor desempenho foi obtido sempre para a combinação entre menores transmitâncias térmicas de cobertura, paredes e menor área de abertura, em ambos modelos de forma e clima.

Figura 38 – Comparativo entre o consumo relativo com aquecimento para duas das três cidades analisadas.



#### 4.5. Considerações finais das simulações

Após as simulações e a análise de variância pode-se determinar as variáveis mais influentes no consumo de energia com aquecimento, refrigeração e nos graus-hora de resfriamento para três cidades de climas distintos do Brasil.

Para os graus-hora de resfriamento, ou seja, o desempenho quando naturalmente ventilada, os modelos de habitação mostraram que as variáveis mais influentes são: absorvância solar da cobertura, transmitância térmica da cobertura, absorvância solar das paredes externas; independentemente do clima. No entanto, percebe-se que os graus-hora de resfriamento são bem maiores nos climas de Belém e Florianópolis, do que em Curitiba.

Para o consumo relativo com aquecimento, no desempenho quando condicionado em situações de baixas temperaturas, as variáveis mais influentes são: transmitância térmica da cobertura, transmitância térmica das paredes externas, absorvância solar da cobertura, capacidade térmica da cobertura, capacidade térmica das paredes externas. No entanto, variáveis diferentes foram mais influentes entre os climas e entre os modelos de forma 1 e 2.

Para o consumo relativo com refrigeração, no desempenho quando condicionado durante a noite, as variáveis mais influentes são: absorvância solar da cobertura, transmitância térmica da cobertura, transmitância térmica das paredes externas, capacidade térmica da cobertura, capacidade térmica das paredes externas. Também foram diferentes entre os climas e os modelos de forma 1 e 2.

Percebe-se que cada clima tem um conjunto de variáveis e combinações de envoltória que seria mais adequado, e um modelo de bom desempenho em um clima não é aplicável a outro clima. Da mesma forma, as três variáveis dependentes analisadas mostraram diferentes variáveis influentes. Isso significa que aprimorar o desempenho de uma edificação com base na alteração das variáveis do envelope não é algo trivial e requer métodos mais sistemáticos de otimização e tomada de decisão, a serem abordados em outros trabalhos.

Finalmente, a análise de sensibilidade se mostrou interessante para entender o desempenho das habitações em diferentes tipologias e climas, bem como em diferentes critérios de desempenho. O entendimento das variáveis mais influentes pode ajudar a projetar edificações novas ou aperfeiçoar as edificações existentes, nos âmbitos térmico e energético.

## REFERÊNCIAS

- ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15220-3 – Desempenho térmico de edificações. Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social.** Rio de Janeiro, 2005.
- ASHRAE. AMERICAN SOCIETY OF HEATING, REFRIGERATING AND AIR-CONDITIONING ENGINEERS. **Standard 140 - Standard Method of Test for the Evaluation of Building Energy Analysis Computer, 2004.** Atlanta, GA: ASHRAE, Inc.
- ASHRAE. AMERICAN SOCIETY OF HEATING, REFRIGERATING AND AIR-CONDITIONING ENGINEERS. **Handbook of Fundamentals, 2009.** Atlanta, GA: ASHRAE Inc.
- BUSSAB, W. O.; MIAZAKI, E. S.; ANDRADE, D. F. Introdução à análise de agrupamentos. IX Simpósio Nacional de Probabilidade e Estatística. **Anais...** São Paulo, 1990.
- DOE. US Department of Energy. **EnergyPlus Energy Simulation Software.** 2014. Disponível em < <http://apps1.eere.energy.gov/buildings/energyplus/> > Acesso em 10/09/2014.
- EPBD. ENERGY PERFORMANCE OF BUILDINGS DIRECTIVE. **DIRECTIVE 2010/31/EU OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 19 May 2010 on the energy performance of buildings** (recast).
- GOULART, S.; LAMBERTS, R.; FIRMINO, S. **Dados climáticos para projeto e avaliação energética de edificações para 14 cidades brasileiras.** Florianópolis: Núcleo de Pesquisa em Construção/UFSC, 1998.
- GOULART, S.; LAMBERTS, R.; FIRMINO, S. **Dados climáticos para projeto e avaliação energética de edificações para 14 cidades brasileiras.** Florianópolis: Núcleo de Pesquisa em Construção/UFSC, 1998.
- INMETRO. INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, QUALIDADE E TECNOLOGIA. Portaria nº 18, de 16 de janeiro de 2012. **Regulamento técnico da qualidade para o nível de eficiência energética edificações residenciais (RTQ-R).** Rio de Janeiro, 2012.
- JOHNSON, D. B.; MIZOGUCHI, T. Selecting the kth element in  $X+Y$  and  $X_1+X_2+\dots+X_m$ . **SIAM Journal on Computing**, v. 7, n. 2, pp. 147-153; 1978.
- MEGIDDO, N.; TAMIR, A.; ZEMEL, E.; CHANDRASEKARAN, R. An  $O(n \log^2 n)$  Algorithm for the kth longest path in a tree with applications to location problems. **SIAM Journal on Computing**, v. 10, n. 2, pp. 328-337; 1981.
- MINGOTI, S. A. **Análise de dados através de métodos de estatística multivariada: uma abordagem aplicada.** Belo Horizonte, 2005.
- MINITAB. **Minitab 16 Statistical Software.** State College, PA: Minitab, 2010. Disponível em: (<[www.minitab.com](http://www.minitab.com)>) Acesso em: março de 2013.
- MINITAB. **Minitab 17.** Software para o aprimoramento da qualidade, 2014. Disponível em< <http://www.minitab.com/pt-BR/> > Acesso em 15 de junho de 2014.
- MONTGOMERY, D. C.; RUNGER, C. **Estatística aplicada e probabilidade para engenheiros.** John Wiley & Sons, Inc. Edição LTC. Rio de Janeiro, 2012.
- MORISHITA, C.; SORGATO, M. J.; VERSAGE, R.; TRIANA, M. A.; MARINOSKI, D. L.; LAMBERTS, R. **Catálogo de propriedades térmicas de paredes e coberturas (v.5).**

Florianópolis: Laboratório de Eficiência Energética em Edificações. Universidade Federal de Santa Catarina, 2011.

NASSAR, S. M.; WRONSCKI, V. R.; OHIRQA, M. **SEstatNet – Sistema especialista para o ensino de estatística na web**. Disponível em <<http://www.sestat.net>> Acesso em 5 de junho de 2014.

SIEGEL, S. **Estatísticas Não Paramétrica para Ciências do Comportamento**. Editora Bookman. Segunda edição, 2006.

SILVA, A. S.; LUIZ, F.; MANSUR, A. C.; VIEIRA, A. S.; SCHAEFER, A. GHISI, E. Knowing electricity end-uses to successfully promote energy efficiency in buildings : a case study in low-income houses in Southern Brazil. **International Journal of Sustainable Energy Planning and Management**, v. 2, n. 2012, p. 7–18, 2014.

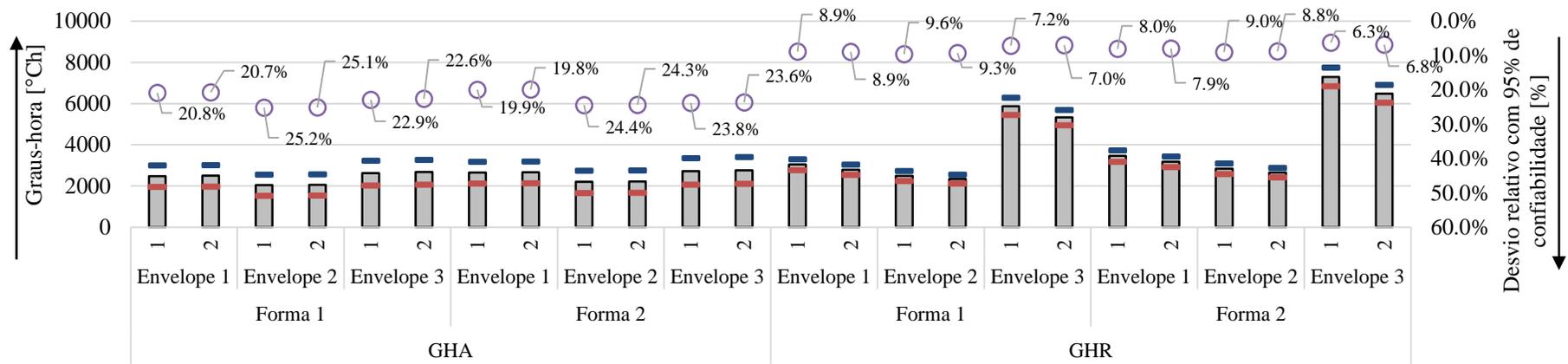
## APÊNDICE A

Este apêndice mostra os resultados específicos de amplitudes de incertezas e de variáveis mais influentes em cada critério de desempenho (graus-hora de resfriamento, consumo relativo com aquecimento e refrigeração). O clima analisado é de Florianópolis, como mostra o Item 2.

A Figura 39 mostra o desempenho médio nos graus-hora de resfriamento e aquecimento, bem como o desvio com 95% de confiabilidade para os modelos de forma, envelope e de ocupação e operação de janelas.

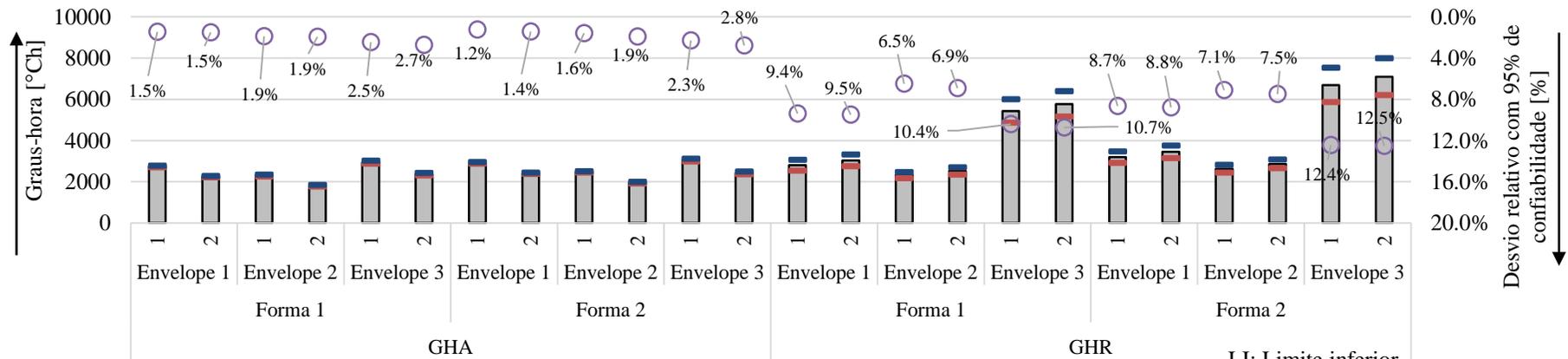
As Tabelas 39 a 50 mostram as variáveis mais influentes em cada caso específico de modelo de forma e de envelope.

Figura 39 - Amplitude de incertezas e desvio relativo com 95% de confiabilidade para os graus-hora de aquecimento e resfriamento, por modelo de forma e de materiais para (a) rotina de operação de janelas e (b) rotina de ocupação.



(a) Graus-hora / Modelo de forma / Modelo de materiais / Rotina de operação de janelas

■ Média de Média   ■ Média de LI   ■ Média de LS   ○ Média de DesvR 95%



(b) Graus-hora / Modelo de forma / Modelo de materiais / Rotina de ocupação

■ Média de Média   ■ Média de LI   ■ Média de LS   ○ Média de DesvR 95%

LI: Limite inferior,  
LS: Limite superior,  
DesvR: Desvio relativo,  
Com 95% de confiabilidade.

Tabela 39 - Variáveis mais influentes para os graus-hora de resfriamento do Modelo de Forma 1 e o modelo de materiais Envelope 1.

<b>Graus-hora de resfriamento do Modelo de Forma 1 Envelope 1</b>					
<b>Fonte</b>	<b>GL</b>	<b>SQ(Aj)</b>	<b>QM(Aj)</b>	<b>Valor F</b>	<b>Valor-p</b>
SchOcc	1	859.857,0	859.857,0	104.933.000,0	0,000
<b>SchWin</b>	<b>1</b>	<b>988.428,0</b>	<b>988.428,0</b>	<b>120.624.000,0</b>	<b>0,000</b>
SchDoor	1	132.901,0	132.901,0	16.218.672,4	0,000
SchLight	1	15,0	15,0	1.861,5	0,000
PwEquip	1	9.167,0	9.167,0	1.118.659,1	0,000
PwLight	1	2,0	2,0	251,1	0,000
SchOcc*SchWin	1	2.099,0	2.099,0	256.123,1	0,000
SchOcc*SchDoor	1	248,0	248,0	30.301,2	0,000
SchOcc*SchLight	1	0,0	0,0	0,8	0,381
SchOcc*PwEquip	1	2,0	2,0	262,7	0,000
SchOcc*PwLight	1	0,0	0,0	0,4	0,538
SchWin*SchDoor	1	239,0	239,0	29.156,7	0,000
SchWin*SchLight	1	0,0	0,0	10,8	0,002
SchWin*PwEquip	1	65,0	65,0	7.912,9	0,000
SchWin*PwLight	1	0,0	0,0	1,9	0,177
SchDoor*SchLight	1	0,0	0,0	3,3	0,079
SchDoor*PwEquip	1	11,0	11,0	1.295,6	0,000
SchDoor*PwLight	1	0,0	0,0	0,5	0,505
SchLight*PwEquip	1	0,0	0,0	0,0	0,955
SchLight*PwLight	1	0,0	0,0	37,7	0,000
PwEquip*PwLight	1	0,0	0,0	0,0	0,894
Erro	42	0,0	0,0		
Total	63	1.993.033,0			

Tabela 40 - Variáveis mais influentes para os graus-hora de resfriamento do Modelo de Forma 2 e o modelo de materiais Envelope 1.

<b>Graus-hora de resfriamento do Modelo de Forma 2 Envelope 1</b>					
<b>Fonte</b>	<b>GL</b>	<b>SQ(Aj)</b>	<b>QM(Aj)</b>	<b>Valor F</b>	<b>Valor-p</b>
SchOcc	1	1.022.454,0	1.022.454,0	6.318.074,5	0,000
<b>SchWin</b>	<b>1</b>	<b>1.230.821,0</b>	<b>1.230.821,0</b>	<b>7.605.641,4</b>	<b>0,000</b>
SchDoor	1	6.480,0	6.480,0	40.043,6	0,000
SchLight	1	21,0	21,0	128,2	0,000
PwEquip	1	10.622,0	10.622,0	65.638,4	0,000
PwLight	1	2,0	2,0	14,1	0,001
SchOcc*SchWin	1	2.665,0	2.665,0	16.468,9	0,000
SchOcc*SchDoor	1	16,0	16,0	97,0	0,000
SchOcc*SchLight	1	0,0	0,0	0,0	0,975
SchOcc*PwEquip	1	2,0	2,0	10,8	0,002
SchOcc*PwLight	1	0,0	0,0	0,0	0,927
SchWin*SchDoor	1	2.443,0	2.443,0	15.098,9	0,000
SchWin*SchLight	1	0,0	0,0	0,8	0,376
SchWin*PwEquip	1	93,0	93,0	576,5	0,000
SchWin*PwLight	1	0,0	0,0	0,1	0,733
SchDoor*SchLight	1	0,0	0,0	0,1	0,808
SchDoor*PwEquip	1	1,0	1,0	3,6	0,064
SchDoor*PwLight	1	0,0	0,0	0,0	0,983
SchLight*PwEquip	1	0,0	0,0	0,0	0,924
SchLight*PwLight	1	0,0	0,0	2,6	0,113
PwEquip*PwLight	1	0,0	0,0	0,0	0,992
Erro	42	7,0	0,0		
Total	63	2.275.628,0			

Tabela 41 - Variáveis mais influentes para os graus-hora de aquecimento do Modelo de Forma 1 e o modelo de materiais Envelope 1.

<b>Graus-hora de aquecimento do Modelo de Forma 1 Envelope 1</b>					
<b>Fonte</b>	<b>GL</b>	<b>SQ(Aj)</b>	<b>QM(Aj)</b>	<b>Valor F</b>	<b>Valor-p</b>
SchOcc	1	3.968.500,0	3.968.500,0	1.469.710.000,0	0,000
SchWin	1	3.730,0	3.730,0	1.381.444,3	0,000
SchDoor	1	24,0	24,0	8.806,2	0,000
SchLight	1	33,0	33,0	12.315,9	0,000
PwEquip	1	16.401,0	16.401,0	6.074.182,6	0,000
PwLight	1	5,0	5,0	1.680,4	0,000
SchOcc*SchWin	1	0,0	0,0	9,3	0,004
SchOcc*SchDoor	1	2,0	2,0	795,3	0,000
SchOcc*SchLight	1	0,0	0,0	110,3	0,000
SchOcc*PwEquip	1	166,0	166,0	61.521,9	0,000
SchOcc*PwLight	1	0,0	0,0	16,4	0,000
SchWin*SchDoor	1	0,0	0,0	111,0	0,000
SchWin*SchLight	1	0,0	0,0	0,0	0,923
SchWin*PwEquip	1	0,0	0,0	59,2	0,000
SchWin*PwLight	1	0,0	0,0	0,3	0,568
SchDoor*SchLight	1	0,0	0,0	0,1	0,796
SchDoor*PwEquip	1	0,0	0,0	66,3	0,000
SchDoor*PwLight	1	0,0	0,0	0,0	0,960
SchLight*PwEquip	1	0,0	0,0	6,6	0,014
SchLight*PwLight	1	1,0	1,0	249,8	0,000
PwEquip*PwLight	1	0,0	0,0	0,6	0,453
Erro	42	0,0	0,0		
Total	63	3.988.864,0			

Tabela 42 - Variáveis mais influentes para os graus-hora de aquecimento do Modelo de Forma 2 e o modelo de materiais Envelope 1.

<b>Graus-hora de aquecimento do Modelo de Forma 2 Envelope 1</b>					
<b>Fonte</b>	<b>GL</b>	<b>SQ(Aj)</b>	<b>QM(Aj)</b>	<b>Valor F</b>	<b>Valor-p</b>
SchOcc	1	4.152.359,0	4.152.359,0	8.055.110.000,0	0,000
SchWin	1	3.310,0	3.310,0	6.421.085,8	0,000
SchDoor	1	4.257,0	4.257,0	8.258.949,1	0,000
SchLight	1	30,0	30,0	57.498,2	0,000
PwEquip	1	10.498,0	10.498,0	20.364.159,7	0,000
PwLight	1	3,0	3,0	6.312,0	0,000
SchOcc*SchWin	1	1,0	1,0	1.058,7	0,000
SchOcc*SchDoor	1	96,0	96,0	186.794,8	0,000
SchOcc*SchLight	1	0,0	0,0	469,2	0,000
SchOcc*PwEquip	1	108,0	108,0	208.718,9	0,000
SchOcc*PwLight	1	0,0	0,0	72,8	0,000
SchWin*SchDoor	1	3,0	3,0	6.698,9	0,000
SchWin*SchLight	1	0,0	0,0	2,3	0,139
SchWin*PwEquip	1	0,0	0,0	88,3	0,000
SchWin*PwLight	1	0,0	0,0	0,1	0,751
SchDoor*SchLight	1	0,0	0,0	0,1	0,741
SchDoor*PwEquip	1	0,0	0,0	132,4	0,000
SchDoor*PwLight	1	0,0	0,0	0,9	0,346
SchLight*PwEquip	1	0,0	0,0	0,3	0,591
SchLight*PwLight	1	1,0	1,0	1.263,7	0,000
PwEquip*PwLight	1	0,0	0,0	0,0	0,903
Erro	42	0,0	0,0		
Total	63	4.170.666,0			

Tabela 43 - Variáveis mais influentes para os graus-hora de resfriamento do Modelo de Forma 1 e o modelo de materiais Envelope 2.

Graus-hora de resfriamento do Modelo de Forma 1 Envelope 2					
Fonte	GL	SQ(Aj)	QM(Aj)	Valor F	Valor-p
SchOcc	1	723.576,0	723.576,0	242.864.000,0	0,000
SchWin	1	341.916,0	341.916,0	114.762.000,0	0,000
SchDoor	1	44.877,0	44.877,0	15.062.756,0	0,000
SchLight	1	9,0	9,0	2.901,3	0,000
PwEquip	1	5.971,0	5.971,0	2.004.188,4	0,000
PwLight	1	1,0	1,0	398,3	0,000
SchOcc*SchWin	1	1.956,0	1.956,0	656.381,0	0,000
SchOcc*SchDoor	1	249,0	249,0	83.681,5	0,000
SchOcc*SchLight	1	0,0	0,0	10,8	0,002
SchOcc*PwEquip	1	3,0	3,0	907,4	0,000
SchOcc*PwLight	1	0,0	0,0	1,3	0,257
SchWin*SchDoor	1	80,0	80,0	26.799,7	0,000
SchWin*SchLight	1	0,0	0,0	20,9	0,000
SchWin*PwEquip	1	42,0	42,0	14.047,0	0,000
SchWin*PwLight	1	0,0	0,0	2,7	0,108
SchDoor*SchLight	1	0,0	0,0	8,5	0,006
SchDoor*PwEquip	1	5,0	5,0	1.764,6	0,000
SchDoor*PwLight	1	0,0	0,0	0,2	0,648
SchLight*PwEquip	1	0,0	0,0	0,0	0,835
SchLight*PwLight	1	0,0	0,0	62,8	0,000
PwEquip*PwLight	1	0,0	0,0	0,0	0,854
Erro	42	0,0	0,0		
Total	63	1.118.686,0			

Tabela 44 - Variáveis mais influentes para os graus-hora de resfriamento do Modelo de Forma 2 e o modelo de materiais Envelope 2.

<b>Graus-hora de resfriamento do Modelo de Forma 2 Envelope 2</b>					
<b>Fonte</b>	<b>GL</b>	<b>SQ(Aj)</b>	<b>QM(Aj)</b>	<b>Valor F</b>	<b>Valor-p</b>
SchOcc	1	871.526,0	871.526,0	9.816.000,3	0,000
SchWin	1	579.711,0	579.711,0	6.529.284,6	0,000
SchDoor	1	9.922,0	9.922,0	111.753,6	0,000
SchLight	1	12,0	12,0	140,7	0,000
PwEquip	1	7.264,0	7.264,0	81.811,1	0,000
PwLight	1	1,0	1,0	14,9	0,000
SchOcc*SchWin	1	2.731,0	2.731,0	30.758,8	0,000
SchOcc*SchDoor	1	17,0	17,0	190,7	0,000
SchOcc*SchLight	1	0,0	0,0	0,3	0,575
SchOcc*PwEquip	1	7,0	7,0	74,1	0,000
SchOcc*PwLight	1	0,0	0,0	0,1	0,753
SchWin*SchDoor	1	2.502,0	2.502,0	28.178,6	0,000
SchWin*SchLight	1	0,0	0,0	0,7	0,406
SchWin*PwEquip	1	50,0	50,0	568,5	0,000
SchWin*PwLight	1	0,0	0,0	0,1	0,729
SchDoor*SchLight	1	0,0	0,0	0,1	0,723
SchDoor*PwEquip	1	1,0	1,0	8,1	0,007
SchDoor*PwLight	1	0,0	0,0	0,0	0,944
SchLight*PwEquip	1	0,0	0,0	0,0	0,952
SchLight*PwLight	1	0,0	0,0	2,7	0,110
PwEquip*PwLight	1	0,0	0,0	0,0	0,935
Erro	42	4,0	0,0		
Total	63	1.473.748,0			

Tabela 45 - Variáveis mais influentes para os graus-hora de aquecimento do Modelo de Forma 1 e o modelo de materiais Envelope 2.

Graus-hora de aquecimento do Modelo de Forma 1 Envelope 2					
Fonte	GL	SQ(Aj)	QM(Aj)	Valor F	Valor-p
SchOcc	1	3.928.928,0	3.928.928,0	680.366.000,0	0,000
SchWin	1	2.440,0	2.440,0	422.566,6	0,000
SchDoor	1	65,0	65,0	11.273,3	0,000
SchLight	1	50,0	50,0	8.712,5	0,000
PwEquip	1	20.126,0	20.126,0	3.485.163,7	0,000
PwLight	1	7,0	7,0	1.153,6	0,000
SchOcc*SchWin	1	0,0	0,0	31,7	0,000
SchOcc*SchDoor	1	2,0	2,0	291,7	0,000
SchOcc*SchLight	1	1,0	1,0	132,9	0,000
SchOcc*PwEquip	1	296,0	296,0	51.300,5	0,000
SchOcc*PwLight	1	0,0	0,0	14,6	0,000
SchWin*SchDoor	1	1,0	1,0	232,5	0,000
SchWin*SchLight	1	0,0	0,0	1,5	0,228
SchWin*PwEquip	1	0,0	0,0	2,9	0,097
SchWin*PwLight	1	0,0	0,0	0,0	0,998
SchDoor*SchLight	1	0,0	0,0	0,0	0,993
SchDoor*PwEquip	1	0,0	0,0	2,8	0,102
SchDoor*PwLight	1	0,0	0,0	0,0	0,845
SchLight*PwEquip	1	0,0	0,0	0,0	0,917
SchLight*PwLight	1	1,0	1,0	164,4	0,000
PwEquip*PwLight	1	0,0	0,0	0,0	0,835
Erro	42	0,0	0,0		
Total	63	3.951.918,0			

Tabela 46 - Variáveis mais influentes para os graus-hora de aquecimento do Modelo de Forma 2 e o modelo de materiais Envelope 2.

<b>Graus-hora de aquecimento do Modelo de Forma 2 Envelope 2</b>					
<b>Fonte</b>	<b>GL</b>	<b>SQ(Aj)</b>	<b>QM(Aj)</b>	<b>Valor F</b>	<b>Valor-p</b>
SchOcc	1	4.309.796,0	4.309.796,0	924.906.000,0	0,000
SchWin	1	2.220,0	2.220,0	476.462,3	0,000
SchDoor	1	7.165,0	7.165,0	1.537.557,1	0,000
SchLight	1	44,0	44,0	9.492,7	0,000
PwEquip	1	12.252,0	12.252,0	2.629.377,4	0,000
PwLight	1	5,0	5,0	1.054,7	0,000
SchOcc*SchWin	1	0,0	0,0	6,7	0,013
SchOcc*SchDoor	1	114,0	114,0	24.482,8	0,000
SchOcc*SchLight	1	0,0	0,0	97,6	0,000
SchOcc*PwEquip	1	203,0	203,0	43.531,4	0,000
SchOcc*PwLight	1	0,0	0,0	15,4	0,000
SchWin*SchDoor	1	4,0	4,0	790,3	0,000
SchWin*SchLight	1	0,0	0,0	0,0	0,945
SchWin*PwEquip	1	0,0	0,0	39,8	0,000
SchWin*PwLight	1	0,0	0,0	0,1	0,821
SchDoor*SchLight	1	0,0	0,0	0,0	0,937
SchDoor*PwEquip	1	0,0	0,0	1,9	0,175
SchDoor*PwLight	1	0,0	0,0	0,0	0,929
SchLight*PwEquip	1	0,0	0,0	0,8	0,387
SchLight*PwLight	1	1,0	1,0	199,1	0,000
PwEquip*PwLight	1	0,0	0,0	0,3	0,618
Erro	42	0,0	0,0		
Total	63	4.331.805,0			

Tabela 47 - Variáveis mais influentes para os graus-hora de resfriamento do Modelo de Forma 1 e o modelo de materiais Envelope 3.

<b>Graus-hora de resfriamento do Modelo de Forma 1 Envelope 3</b>					
<b>Fonte</b>	<b>GL</b>	<b>SQ(Aj)</b>	<b>QM(Aj)</b>	<b>Valor F</b>	<b>Valor-p</b>
SchOcc	1	1.866.226,0	1.866.226,0	162.226.000,0	0,000
<b>SchWin</b>	<b>1</b>	<b>4.762.172,0</b>	<b>4.762.172,0</b>	<b>413.962.000,0</b>	<b>0,000</b>
SchDoor	1	460.986,0	460.986,0	40.072.223,3	0,000
SchLight	1	25,0	25,0	2.202,6	0,000
PwEquip	1	16.563,0	16.563,0	1.439.767,8	0,000
PwLight	1	4,0	4,0	307,3	0,000
SchOcc*SchWin	1	9.677,0	9.677,0	841.165,8	0,000
SchOcc*SchDoor	1	814,0	814,0	70.718,3	0,000
SchOcc*SchLight	1	0,0	0,0	2,9	0,098
SchOcc*PwEquip	1	11,0	11,0	973,9	0,000
SchOcc*PwLight	1	0,0	0,0	1,2	0,284
SchWin*SchDoor	1	39,0	39,0	3.392,6	0,000
SchWin*SchLight	1	0,0	0,0	41,3	0,000
SchWin*PwEquip	1	271,0	271,0	23.524,4	0,000
SchWin*PwLight	1	0,0	0,0	7,6	0,009
SchDoor*SchLight	1	0,0	0,0	5,8	0,021
SchDoor*PwEquip	1	34,0	34,0	2.980,0	0,000
SchDoor*PwLight	1	0,0	0,0	1,1	0,307
SchLight*PwEquip	1	0,0	0,0	0,2	0,636
SchLight*PwLight	1	1,0	1,0	48,4	0,000
PwEquip*PwLight	1	0,0	0,0	0,0	0,839
Erro	42	0,0	0,0		
Total	63	7.116.823,0			

Tabela 48 - Variáveis mais influentes para os graus-hora de resfriamento do Modelo de Forma 2 e o modelo de materiais Envelope 3.

Graus-hora de resfriamento do Modelo de Forma 2 Envelope 3					
Fonte	GL	SQ(Aj)	QM(Aj)	Valor F	Valor-p
SchOcc	1	2.625.363,0	2.625.363,0	3.555.542,6	0,000
<b>SchWin</b>	<b>1</b>	<b>10.677.427,0</b>	<b>10.677.427,0</b>	<b>14.460.491,3</b>	<b>0,000</b>
SchDoor	1	280.881,0	280.881,0	380.398,8	0,000
SchLight	1	46,0	46,0	61,9	0,000
PwEquip	1	27.128,0	27.128,0	36.740,1	0,000
PwLight	1	5,0	5,0	6,5	0,014
SchOcc*SchWin	1	11.679,0	11.679,0	15.817,1	0,000
SchOcc*SchDoor	1	56,0	56,0	75,7	0,000
SchOcc*SchLight	1	0,0	0,0	0,2	0,672
SchOcc*PwEquip	1	19,0	19,0	26,1	0,000
SchOcc*PwLight	1	0,0	0,0	0,0	0,880
SchWin*SchDoor	1	49.412,0	49.412,0	66.919,0	0,000
SchWin*SchLight	1	1,0	1,0	1,2	0,284
SchWin*PwEquip	1	405,0	405,0	548,0	0,000
SchWin*PwLight	1	0,0	0,0	0,1	0,733
SchDoor*SchLight	1	0,0	0,0	0,0	0,945
SchDoor*PwEquip	1	3,0	3,0	4,0	0,051
SchDoor*PwLight	1	0,0	0,0	0,0	0,954
SchLight*PwEquip	1	0,0	0,0	0,0	1,000
SchLight*PwLight	1	1,0	1,0	1,3	0,259
PwEquip*PwLight	1	0,0	0,0	0,0	0,993
Erro	42	31,0	1,0		
Total	63	13.672.458,0			

Tabela 49 - Variáveis mais influentes para os graus-hora de aquecimento do Modelo de Forma 1 e o modelo de materiais Envelope 3.

<b>Graus-hora de aquecimento do Modelo de Forma 1 Envelope 3</b>					
<b>Fonte</b>	<b>GL</b>	<b>SQ(Aj)</b>	<b>QM(Aj)</b>	<b>Valor F</b>	<b>Valor-p</b>
SchOcc	1	5.387.381,0	5.387.381,0	107.125.000,0	0,000
SchWin	1	37.755,0	37.755,0	750.738,0	0,000
SchDoor	1	27,0	27,0	545,8	0,000
SchLight	1	102,0	102,0	2.036,3	0,000
PwEquip	1	31.416,0	31.416,0	624.677,8	0,000
PwLight	1	15,0	15,0	302,4	0,000
SchOcc*SchWin	1	11,0	11,0	221,5	0,000
SchOcc*SchDoor	1	1,0	1,0	16,0	0,000
SchOcc*SchLight	1	1,0	1,0	18,8	0,000
SchOcc*PwEquip	1	386,0	386,0	7.683,4	0,000
SchOcc*PwLight	1	0,0	0,0	3,6	0,064
SchWin*SchDoor	1	11,0	11,0	225,2	0,000
SchWin*SchLight	1	0,0	0,0	0,1	0,742
SchWin*PwEquip	1	0,0	0,0	6,5	0,015
SchWin*PwLight	1	0,0	0,0	0,0	0,995
SchDoor*SchLight	1	0,0	0,0	0,1	0,813
SchDoor*PwEquip	1	0,0	0,0	7,7	0,008
SchDoor*PwLight	1	0,0	0,0	0,0	0,889
SchLight*PwEquip	1	0,0	0,0	0,3	0,620
SchLight*PwLight	1	2,0	2,0	45,2	0,000
PwEquip*PwLight	1	0,0	0,0	0,0	0,975
Erro	42	2,0	0,0		
Total	63	5.457.113,0			

Tabela 50 - Variáveis mais influentes para os graus-hora de aquecimento do Modelo de Forma 2 e o modelo de materiais Envelope 3.

<b>Graus-hora de aquecimento do Modelo de Forma 2 Envelope 3</b>					
<b>Fonte</b>	<b>GL</b>	<b>SQ(Aj)</b>	<b>QM(Aj)</b>	<b>Valor F</b>	<b>Valor-p</b>
SchOcc	1	6.230.842,0	6.230.842,0	203.919.000,0	0,000
SchWin	1	27.502,0	27.502,0	900.064,7	0,000
SchDoor	1	24.704,0	24.704,0	808.488,3	0,000
SchLight	1	93,0	93,0	3.039,1	0,000
PwEquip	1	17.067,0	17.067,0	558.555,7	0,000
PwLight	1	10,0	10,0	332,6	0,000
SchOcc*SchWin	1	80,0	80,0	2.632,5	0,000
SchOcc*SchDoor	1	318,0	318,0	10.409,6	0,000
SchOcc*SchLight	1	1,0	1,0	37,9	0,000
SchOcc*PwEquip	1	354,0	354,0	11.592,6	0,000
SchOcc*PwLight	1	0,0	0,0	6,0	0,019
SchWin*SchDoor	1	117,0	117,0	3.829,1	0,000
SchWin*SchLight	1	0,0	0,0	0,9	0,345
SchWin*PwEquip	1	1,0	1,0	37,7	0,000
SchWin*PwLight	1	0,0	0,0	0,0	0,844
SchDoor*SchLight	1	0,0	0,0	0,1	0,746
SchDoor*PwEquip	1	0,0	0,0	3,0	0,093
SchDoor*PwLight	1	0,0	0,0	0,0	0,989
SchLight*PwEquip	1	0,0	0,0	3,5	0,069
SchLight*PwLight	1	2,0	2,0	62,4	0,000
PwEquip*PwLight	1	0,0	0,0	0,0	0,947
Erro	42	1,0	0,0		
Total	63	6.301.093,0			

## APÊNDICE B

Este apêndice mostra os resultados específicos da influência das variáveis por meio de interações de segunda ordem, conforme as Tabelas 51 a 54. É o detalhamento das análises do Item 3 para a cidade de Florianópolis.

Tabela 51 – Projeto de experimento para os graus-hora de resfriamento médio do Modelo de Forma 1 e variáveis mais influentes.

Graus-hora de resfriamento médio do Modelo de Forma 1					
Fonte	GL	SQ(Aj)	QM(Aj)	Valor F	Valor-p
CTpar	1	87,572,170	87,572,170	697.1	0.000
Upar	1	375,512,095	375,512,095	2,989.3	0.000
abspar	1	923,626,720	923,626,720	7,352.5	0.000
CTcob	1	37,907,271	37,907,271	301.8	0.000
Ucob	1	2,372,721,817	2,372,721,817	18,888.0	0.000
abscob	1	5,139,835,902	5,139,835,902	40,915.6	0.000
somb	1	7,669,063	7,669,063	61.1	0.000
abert	1	6,448,192	6,448,192	51.3	0.000
solar	3	810,650	270,217	2.2	0.092
CTpar*Upar	1	87,572,170	87,572,170	697.1	0.000
CTpar*abspar	1	3,258,132	3,258,132	25.9	0.000
CTpar*CTcob	1	1,705,803	1,705,803	13.6	0.000
CTpar*Ucob	1	18,174,268	18,174,268	144.7	0.000
CTpar*abscob	1	15,947,620	15,947,620	127.0	0.000
CTpar*somb	1	45,047	45,047	0.4	0.549
CTpar*abert	1	197,061	197,061	1.6	0.211
CTpar*solar	3	21,237	7,079	0.1	0.982
Upar*abspar	1	170,554,116	170,554,116	1,357.7	0.000
Upar*CTcob	1	4,530,835	4,530,835	36.1	0.000
Upar*Ucob	1	6,321,994	6,321,994	50.3	0.000
Upar*abscob	1	2,511,132	2,511,132	20.0	0.000
Upar*somb	1	17,625	17,625	0.1	0.708
Upar*abert	1	5,634,316	5,634,316	44.9	0.000
Upar*solar	3	393,317	131,106	1.0	0.372
abspar*CTcob	1	1,035,445	1,035,445	8.2	0.004
abspar*Ucob	1	950,251	950,251	7.6	0.006
abspar*abscob	1	43,521,785	43,521,785	346.5	0.000
abspar*somb	1	556,899	556,899	4.4	0.036
abspar*abert	1	8,715,991	8,715,991	69.4	0.000
abspar*solar	3	582,458	194,153	1.6	0.201
CTcob*Ucob	1	37,907,271	37,907,271	301.8	0.000
CTcob*abscob	1	5,728,989	5,728,989	45.6	0.000
CTcob*somb	1	16,235	16,235	0.1	0.719
CTcob*abert	1	735	735	0.0	0.939
CTcob*solar	3	7,600	2,533	0.0	0.996
Ucob*abscob	1	1,723,453,178	1,723,453,178	13,719.5	0.000
Ucob*somb	1	10,878	10,878	0.1	0.769
Ucob*abert	1	23,416,610	23,416,610	186.4	0.000
Ucob*solar	3	1,289	430	0.0	1.000
abscob*somb	1	233,600	233,600	1.9	0.173
abscob*abert	1	32,133,064	32,133,064	255.8	0.000
abscob*solar	3	14,070	4,690	0.0	0.990
somb*abert	1	961,246	961,246	7.7	0.006
somb*solar	3	158,810	52,937	0.4	0.738
abert*solar	3	496,553	165,518	1.3	0.267
Erro	960	120,595,497	125,620		
Total	1023	11,269,487,009			

Tabela 52 – Projeto de experimento para os graus-hora de aquecimento médio do Modelo de Forma 1 e variáveis mais influentes.

Graus-hora de aquecimento médio do Modelo de Forma 1					
Fonte	GL	SQ(Aj)	QM(Aj)	Valor F	Valor-p
CTpar	1	66,701,273	66,701,273	1,619.3	0.000
Upar	1	370,132,544	370,132,544	8,985.4	0.000
abspar	1	59,301,055	59,301,055	1,439.6	0.000
CTcob	1	22,331,420	22,331,420	542.1	0.000
<b>Ucob</b>	<b>1</b>	<b>1,621,971,389</b>	<b>1,621,971,389</b>	<b>39,375.1</b>	<b>0.000</b>
abscob	1	181,362,870	181,362,870	4,402.8	0.000
somb	1	3,364	3,364	0.1	0.775
abert	1	23,480	23,480	0.6	0.450
solar	3	180,757	60,252	1.5	0.223
CTpar*Upar	1	66,701,273	66,701,273	1,619.3	0.000
CTpar*abspar	1	710,398	710,398	17.3	0.000
CTpar*CTcob	1	730,573	730,573	17.7	0.000
CTpar*Ucob	1	21,319,110	21,319,110	517.5	0.000
CTpar*abscob	1	962,906	962,906	23.4	0.000
CTpar*somb	1	17,383	17,383	0.4	0.516
CTpar*abert	1	40,069	40,069	1.0	0.324
CTpar*solar	3	5,817	1,939	0.1	0.986
Upar*abspar	1	864,073	864,073	21.0	0.000
Upar*CTcob	1	3,661,820	3,661,820	88.9	0.000
Upar*Ucob	1	24,409,335	24,409,335	592.6	0.000
Upar*abscob	1	1,914,090	1,914,090	46.5	0.000
Upar*somb	1	49,608	49,608	1.2	0.273
Upar*abert	1	217,149	217,149	5.3	0.022
Upar*solar	3	32,235	10,745	0.3	0.854
abspar*CTcob	1	30,206	30,206	0.7	0.392
abspar*Ucob	1	1,552,276	1,552,276	37.7	0.000
abspar*abscob	1	10,728,029	10,728,029	260.4	0.000
abspar*somb	1	9,907	9,907	0.2	0.624
abspar*abert	1	461,001	461,001	11.2	0.001
abspar*solar	3	3,778	1,259	0.0	0.993
CTcob*Ucob	1	22,331,420	22,331,420	542.1	0.000
CTcob*abscob	1	927,509	927,509	22.5	0.000
CTcob*somb	1	8,974	8,974	0.2	0.641
CTcob*abert	1	44,753	44,753	1.1	0.298
CTcob*solar	3	1,501	500	0.0	0.998
Ucob*abscob	1	35,630,104	35,630,104	865.0	0.000
Ucob*somb	1	53	53	0.0	0.971
Ucob*abert	1	17,872	17,872	0.4	0.510
Ucob*solar	3	2,582	861	0.0	0.996
abscob*somb	1	107,645	107,645	2.6	0.106
abscob*abert	1	854,793	854,793	20.8	0.000
abscob*solar	3	28,348	9,449	0.2	0.876
somb*abert	1	4,582	4,582	0.1	0.739
somb*solar	3	38,172	12,724	0.3	0.819
abert*solar	3	9,453	3,151	0.1	0.973
Erro	960	39,545,087	41,193		
Total	1023	2,555,982,040			

Tabela 53 – Projeto de experimento para os graus-hora de resfriamento médio do Modelo de Forma 2 e variáveis mais influentes.

Graus-hora de resfriamento médio do Modelo de Forma 2					
Fonte	GL	SQ(Aj)	QM(Aj)	Valor F	Valor-p
CTpar	1	30,798,642	30,798,642	161.7	0.000
Upar	1	222,025,405	222,025,405	1,165.9	0.000
abspar	1	2,133,204,293	2,133,204,293	11,201.4	0.000
CTcob	1	456,243	456,243	2.4	0.122
Ucob	1	933,140,409	933,140,409	4,899.9	0.000
abscob	1	5,029,748,045	5,029,748,045	26,411.0	0.000
somb	1	4,151,027	4,151,027	21.8	0.000
abert	1	301,989,910	301,989,910	1,585.7	0.000
solar	3	13,467,860	4,489,287	23.6	0.000
CTpar*Upar	1	30,798,642	30,798,642	161.7	0.000
CTpar*abspar	1	83,206	83,206	0.4	0.509
CTpar*CTcob	1	1,077,508	1,077,508	5.7	0.018
CTpar*Ucob	1	20,893,308	20,893,308	109.7	0.000
CTpar*abscob	1	3,346,662	3,346,662	17.6	0.000
CTpar*somb	1	4,581	4,581	0.0	0.877
CTpar*abert	1	3,157,747	3,157,747	16.6	0.000
CTpar*solar	3	37,139	12,380	0.1	0.978
Upar*abspar	1	234,974,235	234,974,235	1,233.8	0.000
Upar*CTcob	1	10,004,745	10,004,745	52.5	0.000
Upar*Ucob	1	16,013,433	16,013,433	84.1	0.000
Upar*abscob	1	16,178,418	16,178,418	85.0	0.000
Upar*somb	1	22,778	22,778	0.1	0.730
Upar*abert	1	27,171,497	27,171,497	142.7	0.000
Upar*solar	3	912,499	304,166	1.6	0.188
abspar*CTcob	1	43,569	43,569	0.2	0.633
abspar*Ucob	1	6,888,692	6,888,692	36.2	0.000
abspar*abscob	1	51,063,606	51,063,606	268.1	0.000
abspar*somb	1	352,077	352,077	1.9	0.174
abspar*abert	1	88,521,568	88,521,568	464.8	0.000
abspar*solar	3	3,704,806	1,234,935	6.5	0.000
CTcob*Ucob	1	456,243	456,243	2.4	0.122
CTcob*abscob	1	2,261,580	2,261,580	11.9	0.001
CTcob*somb	1	3,034	3,034	0.0	0.900
CTcob*abert	1	1,584,967	1,584,967	8.3	0.004
CTcob*solar	3	28,475	9,492	0.1	0.985
Ucob*abscob	1	1,152,021,527	1,152,021,527	6,049.2	0.000
Ucob*somb	1	56,492	56,492	0.3	0.586
Ucob*abert	1	78,219,697	78,219,697	410.7	0.000
Ucob*solar	3	462,441	154,147	0.8	0.489
abscob*somb	1	13,301	13,301	0.1	0.792
abscob*abert	1	170,669,183	170,669,183	896.2	0.000
abscob*solar	3	2,057,607	685,869	3.6	0.013
somb*abert	1	214,893	214,893	1.1	0.288
somb*solar	3	34,211	11,404	0.1	0.981
abert*solar	3	155,785	51,928	0.3	0.845
Erro	960	182,823,670	190,441		
Total	1023	10,775,295,659			

Tabela 54 – Projeto de experimento para os graus-hora de aquecimento médio do Modelo de Forma 2 e variáveis mais influentes.

Graus-hora de aquecimento médio do Modelo de Forma 2					
Fonte	GL	SQ(Aj)	QM(Aj)	Valor F	Valor-p
CTpar	1	12,818,124	12,818,124	1,271.3	0.000
Upar	1	182,198,415	182,198,415	18,070.2	0.000
abspar	1	13,001,558	13,001,558	1,289.5	0.000
CTcob	1	3,684,627	3,684,627	365.4	0.000
Ucob	1	464,439,519	464,439,519	46,062.4	0.000
abscob	1	19,660,086	19,660,086	1,949.9	0.000
somb	1	56,884	56,884	5.6	0.018
abert	1	60,020	60,020	6.0	0.015
solar	3	12,109	4,036	0.4	0.753
CTpar*Upar	1	12,818,124	12,818,124	1,271.3	0.000
CTpar*abspar	1	142,810	142,810	14.2	0.000
CTpar*CTcob	1	70,334	70,334	7.0	0.008
CTpar*Ucob	1	6,294,311	6,294,311	624.3	0.000
CTpar*abscob	1	36,748	36,748	3.6	0.057
CTpar*somb	1	3,546	3,546	0.4	0.553
CTpar*abert	1	10,605	10,605	1.1	0.305
CTpar*solar	3	272	91	0.0	0.999
Upar*abspar	1	732,357	732,357	72.6	0.000
Upar*CTcob	1	1,178,409	1,178,409	116.9	0.000
Upar*Ucob	1	23,554,207	23,554,207	2,336.1	0.000
Upar*abscob	1	28,433	28,433	2.8	0.093
Upar*somb	1	11,444	11,444	1.1	0.287
Upar*abert	1	158,829	158,829	15.8	0.000
Upar*solar	3	1,565	522	0.1	0.984
abspar*CTcob	1	570	570	0.1	0.812
abspar*Ucob	1	1,585,303	1,585,303	157.2	0.000
abspar*abscob	1	1,681,826	1,681,826	166.8	0.000
abspar*somb	1	1	1	0.0	0.994
abspar*abert	1	85,888	85,888	8.5	0.004
abspar*solar	3	6,789	2,263	0.2	0.879
CTcob*Ucob	1	3,684,627	3,684,627	365.4	0.000
CTcob*abscob	1	111,906	111,906	11.1	0.001
CTcob*somb	1	1,105	1,105	0.1	0.741
CTcob*abert	1	7,358	7,358	0.7	0.393
CTcob*solar	3	72	24	0.0	1.000
Ucob*abscob	1	6,591,790	6,591,790	653.8	0.000
Ucob*somb	1	9,501	9,501	0.9	0.332
Ucob*abert	1	57,562	57,562	5.7	0.017
Ucob*solar	3	2,485	828	0.1	0.970
abscob*somb	1	1,206	1,206	0.1	0.730
abscob*abert	1	68,986	68,986	6.8	0.009
abscob*solar	3	685	228	0.0	0.995
somb*abert	1	16,139	16,139	1.6	0.206
somb*solar	3	3,518	1,173	0.1	0.951
abert*solar	3	477	159	0.0	0.997
Erro	960	9,679,521	10,083		
Total	1023	764,570,652			

## APÊNDICE C

Este apêndice mostra os resultados completos (Tabelas 55 a 70) para as variáveis mais influentes nos graus-hora de resfriamento, consumo relativo com refrigeração e consumo relativo com aquecimento para as três cidades simuladas (Florianópolis, Belém, Curitiba) e para os dois modelos de forma. É o detalhamento das análises do Item 4.

Tabela 55 – Variáveis mais influentes para Florianópolis para os Graus-hora de resfriamento do Modelo de Forma 1.

Florianópolis - Graus-hora de resfriamento do Modelo de Forma 1					
Fonte	GL	SQ(Aj.)	QM(Aj.)	Valor F	Valor-p
CTpar	1	84.450.849	84.450.849	714,8	0
Upar	1	400.356.163	400.356.163	3.388,7	0
abspar	1	622.948.341	622.948.341	5.272,7	0
CTcob	1	54.545.915	54.545.915	461,7	0
Ucob	1	2.105.984.360	2.105.984.360	17.825,3	0
abscob	1	3.454.391.551	3.454.391.551	29.238,4	0
somb	1	8.349.129	8.349.129	70,7	0
abert	1	6.823.851	6.823.851	57,8	0
solar	3	4.225.285	1.408.428	11,9	0
CTpar*Upar	1	84.450.849	84.450.849	714,8	0
CTpar*abspar	1	5.280.030	5.280.030	44,7	0
CTpar*CTcob	1	1.295.060	1.295.060	11,0	0,001
CTpar*Ucob	1	12.517.192	12.517.192	106,0	0
CTpar*abscob	1	16.995.115	16.995.115	143,9	0
CTpar*somb	1	103.693	103.693	0,9	0,349
CTpar*abert	1	168.157	168.157	1,4	0,233
CTpar*solar	3	103.710	34.570	0,3	0,831
Upar*abspar	1	156.345.527	156.345.527	1.323,3	0
Upar*CTcob	1	2.212.636	2.212.636	18,7	0
Upar*Ucob	1	2.844.917	2.844.917	24,1	0
Upar*abscob	1	7.228.048	7.228.048	61,2	0
Upar*somb	1	31.614	31.614	0,3	0,605
Upar*abert	1	5.364.907	5.364.907	45,4	0
Upar*solar	3	990.267	330.089	2,8	0,039
abspar*CTcob	1	1.635.588	1.635.588	13,8	0
abspar*Ucob	1	2.963.593	2.963.593	25,1	0
abspar*abscob	1	20.765.708	20.765.708	175,8	0
abspar*somb	1	550.358	550.358	4,7	0,031
abspar*abert	1	7.607.625	7.607.625	64,4	0
abspar*solar	3	1.440.110	480.037	4,1	0,007
CTcob*Ucob	1	54.545.915	54.545.915	461,7	0
CTcob*abscob	1	15.666.564	15.666.564	132,6	0
CTcob*somb	1	38.833	38.833	0,3	0,567
CTcob*abert	1	2.711	2.711	0,0	0,88
CTcob*solar	3	31.255	10.418	0,1	0,967
Ucob*abscob	1	1.406.045.658	1.406.045.658	11.900,9	0
Ucob*somb	1	4	4	0,0	0,996
Ucob*abert	1	21.856.062	21.856.062	185,0	0
Ucob*solar	3	108.200	36.067	0,3	0,822
abscob*somb	1	245.322	245.322	2,1	0,15
abscob*abert	1	27.927.442	27.927.442	236,4	0
abscob*solar	3	348.391	116.130	1,0	0,4
somb*abert	1	1.100.214	1.100.214	9,3	0,002
somb*solar	3	156.908	52.303	0,4	0,723
abert*solar	3	162.996	54.332	0,5	0,71
Erro	960	113.419.960	118.146		
Total	1023	8.714.626.584			

Tabela 56 – Variáveis mais influentes para Florianópolis para os Graus-hora de resfriamento do Modelo de Forma2.

Florianópolis - Graus-hora de resfriamento do Modelo de Forma 2					
Fonte	GL	SQ(Aj.)	QM(Aj.)	Valor F	Valor-p
CTpar	1	53.770.475	53.770.475	429,7	0
Upar	1	349.978.762	349.978.762	2.797,0	0
abspar	1	633.139.767	633.139.767	5.060,0	0
CTcob	1	30.407.382	30.407.382	243,0	0
Ucob	1	874.546.569	874.546.569	6.989,3	0
abscob	1	1.420.484.405	1.420.484.405	11.352,3	0
somb	1	1.414.766	1.414.766	11,3	0,001
abert	1	114.312.823	114.312.823	913,6	0
solar	3	1.113.234	371.078	3,0	0,031
CTpar*Upar	1	53.770.475	53.770.475	429,7	0
CTpar*abspar	1	5.460.922	5.460.922	43,6	0
CTpar*CTcob	1	451.273	451.273	3,6	0,058
CTpar*Ucob	1	3.742.904	3.742.904	29,9	0
CTpar*abscob	1	2.923.766	2.923.766	23,4	0
CTpar*somb	1	12.553	12.553	0,1	0,752
CTpar*abert	1	1.485.952	1.485.952	11,9	0,001
CTpar*solar	3	12.143	4.048	0,0	0,992
Upar*abspar	1	141.398.812	141.398.812	1.130,0	0
Upar*CTcob	1	227.909	227.909	1,8	0,177
Upar*Ucob	1	166.780	166.780	1,3	0,249
Upar*abscob	1	189.258	189.258	1,5	0,219
Upar*somb	1	3.215	3.215	0,0	0,873
Upar*abert	1	21.247.866	21.247.866	169,8	0
Upar*solar	3	197.465	65.822	0,5	0,664
abspar*CTcob	1	86.127	86.127	0,7	0,407
abspar*Ucob	1	24.647	24.647	0,2	0,657
abspar*abscob	1	4.288.640	4.288.640	34,3	0
abspar*somb	1	78.335	78.335	0,6	0,429
abspar*abert	1	41.162.371	41.162.371	329,0	0
abspar*solar	3	371.293	123.764	1,0	0,397
CTcob*Ucob	1	30.407.382	30.407.382	243,0	0
CTcob*abscob	1	6.727.117	6.727.117	53,8	0
CTcob*somb	1	1.419	1.419	0,0	0,915
CTcob*abert	1	315.543	315.543	2,5	0,113
CTcob*solar	3	2.591	864	0,0	0,999
Ucob*abscob	1	519.222.557	519.222.557	4.149,6	0
Ucob*somb	1	12.555	12.555	0,1	0,751
Ucob*abert	1	60.805.904	60.805.904	486,0	0
Ucob*solar	3	146.587	48.862	0,4	0,76
abscob*somb	1	2.185	2.185	0,0	0,895
abscob*abert	1	99.063.422	99.063.422	791,7	0
abscob*solar	3	270.266	90.089	0,7	0,54
somb*abert	1	69.302	69.302	0,6	0,457
somb*solar	3	3.123	1.041	0,0	0,999
abert*solar	3	18.564	6.188	0,1	0,985
Erro	960	120.122.117	125.127		
Total	1023	4.593.661.525			

Tabela 57 – Variáveis mais influentes para Belém para os Graus-hora de resfriamento do Modelo de Forma 1.

Belém - Graus-hora de resfriamento do Modelo de Forma 1					
Fonte	GL	SQ(Aj.)	QM(Aj.)	Valor F	Valor-p
CTpar	1	652.666.775	652.666.775	2.201,0	0
Upar	1	3.049.065.893	3.049.065.893	10.282,4	0
abspar	1	9.000.617.164	9.000.617.164	30.352,8	0
CTcob	1	442.674.044	442.674.044	1.492,8	0
Ucob	1	12.693.735.934	12.693.735.934	42.807,2	0
abskob	1	37.969.569.016	37.969.569.016	128.045,0	0
somb	1	132.769.035	132.769.035	447,7	0
abert	1	79.483.298	79.483.298	268,0	0
solar	3	19.395.455	6.465.152	21,8	0
CTpar*Upar	1	652.666.774	652.666.774	2.201,0	0
CTpar*abspar	1	6.293.493	6.293.493	21,2	0
CTpar*CTcob	1	8.047.670	8.047.670	27,1	0
CTpar*Ucob	1	17.279.578	17.279.578	58,3	0
CTpar*abskob	1	6.814.975	6.814.975	23,0	0
CTpar*somb	1	440	440	0,0	0,969
CTpar*abert	1	69.551	69.551	0,2	0,628
CTpar*solar	3	181.993	60.664	0,2	0,893
Upar*abspar	1	867.887.859	867.887.859	2.926,8	0
Upar*CTcob	1	1.817.905	1.817.905	6,1	0,013
Upar*Ucob	1	21.450.484	21.450.484	72,3	0
Upar*abskob	1	253.941.352	253.941.352	856,4	0
Upar*somb	1	2.819.142	2.819.142	9,5	0,002
Upar*abert	1	36.362.833	36.362.833	122,6	0
Upar*solar	3	2.331.031	777.010	2,6	0,05
abspar*CTcob	1	14.565.074	14.565.074	49,1	0
abspar*Ucob	1	178.589.200	178.589.200	602,3	0
abspar*abskob	1	40.657.692	40.657.692	137,1	0
abspar*somb	1	372.811	372.811	1,3	0,262
abspar*abert	1	160.946.313	160.946.313	542,8	0
abspar*solar	3	9.931.351	3.310.450	11,2	0
CTcob*Ucob	1	442.674.044	442.674.044	1.492,8	0
CTcob*abskob	1	11.531.337	11.531.337	38,9	0
CTcob*somb	1	173.998	173.998	0,6	0,444
CTcob*abert	1	128.881	128.881	0,4	0,51
CTcob*solar	3	104.355	34.785	0,1	0,95
Ucob*abskob	1	6.946.144.748	6.946.144.748	23.424,5	0
Ucob*somb	1	5.791.958	5.791.958	19,5	0
Ucob*abert	1	125.775.442	125.775.442	424,2	0
Ucob*solar	3	1.141.697	380.566	1,3	0,279
abskob*somb	1	1.740.944	1.740.944	5,9	0,016
abskob*abert	1	446.090.741	446.090.741	1.504,4	0
abskob*solar	3	1.124.813	374.938	1,3	0,285
somb*abert	1	15.309.292	15.309.292	51,6	0
somb*solar	3	1.762.509	587.503	2,0	0,115
abert*solar	3	2.218.213	739.404	2,5	0,059
Error	960	284.671.766	296.533		
Total	1023				

Tabela 58 – Variáveis mais influentes para Belém para os Graus-hora de resfriamento do Modelo de Forma 2.

Belém - Graus-hora de resfriamento do Modelo de Forma 2					
Fonte	GL	SQ(Aj.)	QM(Aj.)	Valor F	Valor-p
CTpar	1	456.032.103	456.032.103	860,3	0
Upar	1	2.707.135.201	2.707.135.201	5.106,9	0
abspar	1	10.296.898.706	10.296.898.706	19.424,8	0
CTcob	1	279.115.058	279.115.058	526,5	0
Ucob	1	6.413.028.656	6.413.028.656	12.098,0	0
abscob	1	19.132.243.731	19.132.243.731	36.092,4	0
somb	1	24.017.112	24.017.112	45,3	0
abert	1	1.737.252.703	1.737.252.703	3.277,3	0
solar	3	12.742.220	4.247.407	8,0	0
CTpar*Upar	1	456.032.103	456.032.103	860,3	0
CTpar*abspar	1	4.848.934	4.848.934	9,2	0,003
CTpar*CTcob	1	1.614.451	1.614.451	3,1	0,081
CTpar*Ucob	1	5.294.701	5.294.701	10,0	0,002
CTpar*abscob	1	18.150.980	18.150.980	34,2	0
CTpar*somb	1	7.225	7.225	0,0	0,907
CTpar*abert	1	2.812.814	2.812.814	5,3	0,021
CTpar*solar	3	17.235	5.745	0,0	0,998
Upar*abspar	1	789.345.174	789.345.174	1.489,1	0
Upar*CTcob	1	486.622	486.622	0,9	0,338
Upar*Ucob	1	44.709.722	44.709.722	84,3	0
Upar*abscob	1	301.822.041	301.822.041	569,4	0
Upar*somb	1	944.396	944.396	1,8	0,182
Upar*abert	1	102.379.124	102.379.124	193,1	0
Upar*solar	3	2.257.791	752.597	1,4	0,236
abspar*CTcob	1	27.259.067	27.259.067	51,4	0
abspar*Ucob	1	198.894.029	198.894.029	375,2	0
abspar*abscob	1	57.277.936	57.277.936	108,1	0
abspar*somb	1	114.919	114.919	0,2	0,642
abspar*abert	1	619.701.478	619.701.478	1.169,1	0
abspar*solar	3	6.560.917	2.186.972	4,1	0,006
CTcob*Ucob	1	279.115.058	279.115.058	526,5	0
CTcob*abscob	1	8.594.269	8.594.269	16,2	0
CTcob*somb	1	53.801	53.801	0,1	0,75
CTcob*abert	1	276.969	276.969	0,5	0,47
CTcob*solar	3	1.828	609	0,0	1
Ucob*abscob	1	3.671.975.433	3.671.975.433	6.927,1	0
Ucob*somb	1	1.201.303	1.201.303	2,3	0,133
Ucob*abert	1	272.072.825	272.072.825	513,3	0
Ucob*solar	3	696.989	232.330	0,4	0,726
abscob*somb	1	449.436	449.436	0,9	0,357
abscob*abert	1	1.131.776.941	1.131.776.941	2.135,1	0
abscob*solar	3	2.584.882	861.627	1,6	0,182
somb*abert	1	1.220.893	1.220.893	2,3	0,129
somb*solar	3	18.893	6.298	0,0	0,998
abert*solar	3	606.573	202.191	0,4	0,766
Error	960	508.887.695	530.091		
Total	1023				

Tabela 59 – Variáveis mais influentes para Curitiba para os Graus-hora de resfriamento do Modelo de Forma 1.

Curitiba - Graus-hora de resfriamento do Modelo de Forma 1					
Fonte	GL	SQ(Aj.)	QM(Aj.)	Valor F	Valor-p
CTpar	1	22.454.063	22.454.063	222,2	0
Upar	1	82.275.352	82.275.352	814,1	0
abspar	1	106.972.004	106.972.004	1.058,4	0
CTcob	1	6.422.086	6.422.086	63,5	0
Ucob	1	674.511.184	674.511.184	6.673,9	0
abscob	1	892.495.826	892.495.826	8.830,8	0
somb	1	1.150.115	1.150.115	11,4	0,001
abert	1	8.879.270	8.879.270	87,9	0
solar	3	2.859.304	953.101	9,4	0
CTpar*Upar	1	22.454.063	22.454.063	222,2	0
CTpar*abspar	1	1.268.713	1.268.713	12,6	0
CTpar*CTcob	1	256.486	256.486	2,5	0,111
CTpar*Ucob	1	10.189.419	10.189.419	100,8	0
CTpar*abscob	1	15.867.600	15.867.600	157,0	0
CTpar*somb	1	31.925	31.925	0,3	0,574
CTpar*abert	1	187.419	187.419	1,9	0,174
CTpar*solar	3	67.382	22.461	0,2	0,881
Upar*abspar	1	37.716.103	37.716.103	373,2	0
Upar*CTcob	1	1.183.050	1.183.050	11,7	0,001
Upar*Ucob	1	10.567.432	10.567.432	104,6	0
Upar*abscob	1	21.184.261	21.184.261	209,6	0
Upar*somb	1	62.274	62.274	0,6	0,433
Upar*abert	1	1.248.110	1.248.110	12,4	0
Upar*solar	3	933.106	311.035	3,1	0,027
abspar*CTcob	1	1.390.189	1.390.189	13,8	0
abspar*Ucob	1	14.313.491	14.313.491	141,6	0
abspar*abscob	1	27.169.518	27.169.518	268,8	0
abspar*somb	1	189.213	189.213	1,9	0,172
abspar*abert	1	1.802.523	1.802.523	17,8	0
abspar*solar	3	1.161.045	387.015	3,8	0,01
CTcob*Ucob	1	6.422.086	6.422.086	63,5	0
CTcob*abscob	1	2.837.510	2.837.510	28,1	0
CTcob*somb	1	19.361	19.361	0,2	0,662
CTcob*abert	1	2.131	2.131	0,0	0,885
CTcob*solar	3	24.744	8.248	0,1	0,97
Ucob*abscob	1	582.410.165	582.410.165	5.762,6	0
Ucob*somb	1	85.780	85.780	0,9	0,357
Ucob*abert	1	11.504.961	11.504.961	113,8	0
Ucob*solar	3	71.695	23.898	0,2	0,871
abscob*somb	1	267.111	267.111	2,6	0,104
abscob*abert	1	11.499.270	11.499.270	113,8	0
abscob*solar	3	217.852	72.617	0,7	0,541
somb*abert	1	127.621	127.621	1,3	0,261
somb*solar	3	107.898	35.966	0,4	0,785
abert*solar	3	46.182	15.394	0,2	0,928
Error	960	97.023.947	101.067		
Total	1023				

Tabela 60 – Variáveis mais influentes para Curitiba para os Graus-hora de resfriamento do Modelo de Forma 2.

Curitiba - Graus-hora de resfriamento do Modelo de Forma 2					
Fonte	GL	SQ(Aj.)	QM(Aj.)	Valor F	Valor-p
CTpar	1	12.508.349	12.508.349	151,1	0
Upar	1	76.241.312	76.241.312	921,1	0
abspar	1	119.197.561	119.197.561	1.440,0	0
CTcob	1	4.394.154	4.394.154	53,1	0
Ucob	1	292.595.521	292.595.521	3.534,8	0
abscob	1	397.613.490	397.613.490	4.803,5	0
somb	1	216.472	216.472	2,6	0,106
abert	1	41.787.930	41.787.930	504,8	0
solar	3	211.097	70.366	0,9	0,467
CTpar*Upar	1	12.508.349	12.508.349	151,1	0
CTpar*abspar	1	1.576.249	1.576.249	19,0	0
CTpar*CTcob	1	193.403	193.403	2,3	0,127
CTpar*Ucob	1	3.751.859	3.751.859	45,3	0
CTpar*abscob	1	5.774.109	5.774.109	69,8	0
CTpar*somb	1	8.684	8.684	0,1	0,746
CTpar*abert	1	650.470	650.470	7,9	0,005
CTpar*solar	3	4.385	1.462	0,0	0,997
Upar*abspar	1	44.866.740	44.866.740	542,0	0
Upar*CTcob	1	520.556	520.556	6,3	0,012
Upar*Ucob	1	2.148.936	2.148.936	26,0	0
Upar*abscob	1	5.131.732	5.131.732	62,0	0
Upar*somb	1	5.550	5.550	0,1	0,796
Upar*abert	1	5.341.063	5.341.063	64,5	0
Upar*solar	3	149.939	49.980	0,6	0,613
abspar*CTcob	1	664.012	664.012	8,0	0,005
abspar*Ucob	1	7.188.909	7.188.909	86,9	0
abspar*abscob	1	11.735.639	11.735.639	141,8	0
abspar*somb	1	39.700	39.700	0,5	0,489
abspar*abert	1	9.236.933	9.236.933	111,6	0
abspar*solar	3	213.489	71.163	0,9	0,462
CTcob*Ucob	1	4.394.154	4.394.154	53,1	0
CTcob*abscob	1	1.433.330	1.433.330	17,3	0
CTcob*somb	1	2.529	2.529	0,0	0,861
CTcob*abert	1	70.180	70.180	0,9	0,357
CTcob*solar	3	1.127	376	0,0	1
Ucob*abscob	1	235.298.574	235.298.574	2.842,6	0
Ucob*somb	1	3.558	3.558	0,0	0,836
Ucob*abert	1	29.762.892	29.762.892	359,6	0
Ucob*solar	3	16.697	5.566	0,1	0,977
abscob*somb	1	21.425	21.425	0,3	0,611
abscob*abert	1	35.422.403	35.422.403	427,9	0
abscob*solar	3	22.562	7.521	0,1	0,965
somb*abert	1	7.515	7.515	0,1	0,763
somb*solar	3	6.947	2.316	0,0	0,994
abert*solar	3	22.233	7.411	0,1	0,966
Error	960	79.465.545	82.777		
Total	1023				

Tabela 61 – Variáveis mais influentes para Florianópolis para o consumo relativo com refrigeração do Modelo de Forma 1.

Florianópolis - Consumo relativo com refrigeração do Modelo de Forma 1					
Fonte	GL	SQ(Aj.)	QM(Aj.)	Valor F	Valor-p
CTpar	1	7.130	7.130	1.022,0	0
Upar	1	9.685	9.685	1.388,3	0
abspar	1	4.757	4.757	681,9	0
CTcob	1	7.755	7.755	1.111,6	0
Ucob	1	14.755	14.755	2.115,1	0
abscob	1	18.077	18.077	2.591,3	0
somb	1	60	60	8,6	0,003
abert	1	1.776	1.776	254,6	0
solar	3	470	157	22,5	0
CTpar*Upar	1	7.130	7.130	1.022,0	0
CTpar*abspar	1	821	821	117,7	0
CTpar*CTcob	1	48	48	6,8	0,009
CTpar*Ucob	1	299	299	42,8	0
CTpar*abscob	1	1.328	1.328	190,3	0
CTpar*somb	1	12	12	1,7	0,193
CTpar*abert	1	29	29	4,2	0,042
CTpar*solar	3	21	7	1,0	0,39
Upar*abspar	1	486	486	69,6	0
Upar*CTcob	1	11	11	1,5	0,217
Upar*Ucob	1	111	111	15,9	0
Upar*abscob	1	2.217	2.217	317,8	0
Upar*somb	1	22	22	3,1	0,078
Upar*abert	1	77	77	11,1	0,001
Upar*solar	3	42	14	2,0	0,111
abspar*CTcob	1	59	59	8,5	0,004
abspar*Ucob	1	248	248	35,5	0
abspar*abscob	1	52	52	7,4	0,007
abspar*somb	1	4	4	0,6	0,446
abspar*abert	1	2	2	0,3	0,598
abspar*solar	3	74	25	3,5	0,015
CTcob*Ucob	1	7.755	7.755	1.111,6	0
CTcob*abscob	1	2.766	2.766	396,5	0
CTcob*somb	1	1	1	0,1	0,787
CTcob*abert	1	33	33	4,7	0,031
CTcob*solar	3	3	1	0,2	0,929
Ucob*abscob	1	519	519	74,5	0
Ucob*somb	1	2	2	0,3	0,557
Ucob*abert	1	304	304	43,6	0
Ucob*solar	3	19	6	0,9	0,431
abscob*somb	1	0	0	0,0	0,986
abscob*abert	1	11	11	1,6	0,209
abscob*solar	3	6	2	0,3	0,848
somb*abert	1	9	9	1,3	0,26
somb*solar	3	12	4	0,6	0,637
abert*solar	3	84	28	4,0	0,007
Erro	960	6.697	7		
Total	1023	95.776			

Tabela 62 – Variáveis mais influentes para Florianópolis para o consumo relativo com refrigeração do Modelo de Forma 2.

Florianópolis - Consumo relativo com refrigeração do Modelo de Forma 2					
Fonte	GL	SQ(Aj.)	QM(Aj.)	Valor F	Valor-p
CTpar	1	6.206	6.206	1.589,1	0
Upar	1	7.317	7.317	1.873,7	0
abspar	1	5.294	5.294	1.355,7	0
CTcob	1	3.792	3.792	971,0	0
Ucob	1	7.201	7.201	1.843,9	0
abscob	1	8.216	8.216	2.104,0	0
somb	1	13	13	3,3	0,07
abert	1	104	104	26,5	0
solar	3	66	22	5,6	0,001
CTpar*Upar	1	6.206	6.206	1.589,1	0
CTpar*abspar	1	1.060	1.060	271,5	0
CTpar*CTcob	1	16	16	4,0	0,046
CTpar*Ucob	1	137	137	35,1	0
CTpar*abscob	1	640	640	164,0	0
CTpar*somb	1	3	3	0,7	0,401
CTpar*abert	1	1	1	0,3	0,596
CTpar*solar	3	4	1	0,4	0,782
Upar*abspar	1	710	710	181,9	0
Upar*CTcob	1	0	0	0,1	0,78
Upar*Ucob	1	46	46	11,9	0,001
Upar*abscob	1	1.133	1.133	290,2	0
Upar*somb	1	6	6	1,4	0,236
Upar*abert	1	0	0	0,1	0,759
Upar*solar	3	12	4	1,0	0,377
abspar*CTcob	1	38	38	9,8	0,002
abspar*Ucob	1	144	144	36,8	0
abspar*abscob	1	45	45	11,4	0,001
abspar*somb	1	2	2	0,4	0,534
abspar*abert	1	52	51	13,2	0
abspar*solar	3	11	4	0,9	0,428
CTcob*Ucob	1	3.792	3.792	971,0	0
CTcob*abscob	1	1.228	1.228	314,5	0
CTcob*somb	1	0	0	0,0	0,862
CTcob*abert	1	1	1	0,1	0,715
CTcob*solar	3	1	0	0,1	0,969
Ucob*abscob	1	156	156	40,0	0
Ucob*somb	1	1	1	0,2	0,673
Ucob*abert	1	17	17	4,4	0,035
Ucob*solar	3	4	1	0,3	0,824
abscob*somb	1	0	0	0,0	0,976
abscob*abert	1	79	79	20,2	0
abscob*solar	3	1	0	0,1	0,962
somb*abert	1	1	1	0,4	0,547
somb*solar	3	0	0	0,0	0,999
abert*solar	3	2	1	0,2	0,915
Erro	960	3.749	4		
Total	1023	57.505			

Tabela 63 – Variáveis mais influentes para Belém para o consumo relativo com refrigeração do Modelo de Forma 1.

Belém - Consumo relativo com refrigeração do Modelo de Forma 1					
Fonte	GL	SQ(Aj.)	QM(Aj.)	Valor F	Valor-p
CTpar	1	370.672	370.672	2.202,0	0
Upar	1	624.697	624.697	3.711,0	0
abspar	1	148.326	148.326	881,1	0
CTcob	1	240.636	240.636	1.429,5	0
Ucob	1	994.680	994.680	5.908,9	0
abscob	1	601.721	601.721	3.574,5	0
somb	1	681	681	4,1	0,045
abert	1	6	6	0,0	0,851
solar	3	5.319	1.773	10,5	0
CTpar*Upar	1	370.672	370.672	2.202,0	0
CTpar*abspar	1	17.993	17.993	106,9	0
CTpar*CTcob	1	3.356	3.356	19,9	0
CTpar*Ucob	1	20.604	20.604	122,4	0
CTpar*abscob	1	22.613	22.613	134,3	0
CTpar*somb	1	240	240	1,4	0,232
CTpar*abert	1	26	26	0,2	0,695
CTpar*solar	3	176	59	0,4	0,791
Upar*abspar	1	6.482	6.482	38,5	0
Upar*CTcob	1	3.576	3.576	21,2	0
Upar*Ucob	1	13.720	13.720	81,5	0
Upar*abscob	1	42.605	42.605	253,1	0
Upar*somb	1	438	438	2,6	0,107
Upar*abert	1	10	10	0,1	0,811
Upar*solar	3	429	143	0,9	0,466
abspar*CTcob	1	164	164	1,0	0,324
abspar*Ucob	1	1.731	1.731	10,3	0,001
abspar*abscob	1	879	879	5,2	0,023
abspar*somb	1	49	49	0,3	0,591
abspar*abert	1	382	382	2,3	0,132
abspar*solar	3	1.158	386	2,3	0,077
CTcob*Ucob	1	240.636	240.636	1.429,5	0
CTcob*abscob	1	48.894	48.894	290,5	0
CTcob*somb	1	9	9	0,1	0,818
CTcob*abert	1	15	15	0,1	0,768
CTcob*solar	3	2	1	0,0	1
Ucob*abscob	1	1.621	1.621	9,6	0,002
Ucob*somb	1	17	17	0,1	0,754
Ucob*abert	1	251	251	1,5	0,222
Ucob*solar	3	28	9	0,1	0,983
abscob*somb	1	32	32	0,2	0,663
abscob*abert	1	712	712	4,2	0,04
abscob*solar	3	7	2	0,0	0,998
somb*abert	1	86	86	0,5	0,476
somb*solar	3	359	120	0,7	0,545
abert*solar	3	12	4	0,0	0,995
Error	960	161.602	168		
Total	1023				

Tabela 64 – Variáveis mais influentes para Belém para o consumo relativo com refrigeração do Modelo de Forma 2.

Belém - Consumo relativo com refrigeração do Modelo de Forma 2					
Fonte	GL	SQ(Aj.)	QM(Aj.)	Valor F	Valor-p
CTpar	1	245.790	245.790	3.301,6	0
Upar	1	439.522	439.522	5.903,9	0
abspar	1	102.635	102.635	1.378,6	0
CTcob	1	104.134	104.134	1.398,8	0
Ucob	1	474.755	474.755	6.377,1	0
abscob	1	172.155	172.155	2.312,5	0
somb	1	81	81	1,1	0,298
abert	1	127	127	1,7	0,192
solar	3	876	292	3,9	0,008
CTpar*Upar	1	245.790	245.790	3.301,6	0
CTpar*abspar	1	16.882	16.882	226,8	0
CTpar*CTcob	1	1.537	1.537	20,7	0
CTpar*Ucob	1	7.627	7.627	102,5	0
CTpar*abscob	1	7.388	7.388	99,2	0
CTpar*somb	1	75	75	1,0	0,315
CTpar*abert	1	4	4	0,1	0,826
CTpar*solar	3	57	19	0,3	0,856
Upar*abspar	1	8.155	8.155	109,5	0
Upar*CTcob	1	983	983	13,2	0
Upar*Ucob	1	1.861	1.861	25,0	0
Upar*abscob	1	15.132	15.132	203,3	0
Upar*somb	1	140	140	1,9	0,17
Upar*abert	1	3	3	0,0	0,851
Upar*solar	3	549	183	2,5	0,061
abspar*CTcob	1	66	66	0,9	0,347
abspar*Ucob	1	557	557	7,5	0,006
abspar*abscob	1	363	363	4,9	0,027
abspar*somb	1	28	28	0,4	0,54
abspar*abert	1	298	298	4,0	0,046
abspar*solar	3	200	67	0,9	0,444
CTcob*Ucob	1	104.134	104.134	1.398,8	0
CTcob*abscob	1	19.428	19.428	261,0	0
CTcob*somb	1	1	1	0,0	0,912
CTcob*abert	1	20	20	0,3	0,606
CTcob*solar	3	0	0	0,0	1
Ucob*abscob	1	31	31	0,4	0,517
Ucob*somb	1	0	0	0,0	0,975
Ucob*abert	1	126	126	1,7	0,194
Ucob*solar	3	10	3	0,0	0,988
abscob*somb	1	3	3	0,0	0,849
abscob*abert	1	278	278	3,7	0,054
abscob*solar	3	30	10	0,1	0,939
somb*abert	1	7	7	0,1	0,753
somb*solar	3	37	12	0,2	0,918
abert*solar	3	100	33	0,5	0,72
Error	960	71.469	74		
Total	1023				

Tabela 65 – Variáveis mais influentes para Curitiba para o consumo relativo com refrigeração do Modelo de Forma 1.

Curitiba - Consumo relativo com refrigeração do Modelo de Forma 1					
Fonte	GL	SQ(Aj.)	QM(Aj.)	Valor F	Valor-p
CTpar	1	2	2	37,4	0
Upar	1	2	2	36,6	0
abspar	1	22	22	391,5	0
CTcob	1	20	20	364,0	0
Ucob	1	19	19	344,8	0
abscob	1	54	54	975,4	0
somb	1	0	0	8,3	0,004
abert	1	3	3	61,4	0
solar	3	9	3	53,4	0
CTpar*Upar	1	2	2	37,4	0
CTpar*abspar	1	2	2	35,1	0
CTpar*CTcob	1	0	0	0,1	0,765
CTpar*Ucob	1	1	1	12,5	0
CTpar*abscob	1	2	2	32,5	0
CTpar*somb	1	0	0	0,9	0,351
CTpar*abert	1	0	0	2,1	0,145
CTpar*solar	3	0	0	2,7	0,042
Upar*abspar	1	1	1	11,6	0,001
Upar*CTcob	1	0	0	2,9	0,089
Upar*Ucob	1	0	0	2,5	0,114
Upar*abscob	1	4	4	68,3	0
Upar*somb	1	0	0	0,7	0,405
Upar*abert	1	0	0	6,3	0,012
Upar*solar	3	1	0	3,6	0,014
abspar*CTcob	1	3	3	45,1	0
abspar*Ucob	1	3	3	50,2	0
abspar*abscob	1	8	8	150,0	0
abspar*somb	1	0	0	3,2	0,075
abspar*abert	1	0	0	3,8	0,053
abspar*solar	3	3	1	17,8	0
CTcob*Ucob	1	20	20	364,0	0
CTcob*abscob	1	18	18	318,5	0
CTcob*somb	1	0	0	0,7	0,412
CTcob*abert	1	1	1	13,9	0
CTcob*solar	3	1	0	6,4	0
Ucob*abscob	1	10	10	183,2	0
Ucob*somb	1	0	0	1,0	0,323
Ucob*abert	1	1	1	26,4	0
Ucob*solar	3	1	0	7,4	0
abscob*somb	1	0	0	2,0	0,157
abscob*abert	1	1	1	20,1	0
abscob*solar	3	3	1	20,8	0
somb*abert	1	0	0	2,0	0,161
somb*solar	3	0	0	0,8	0,478
abert*solar	3	1	0	7,2	0
Error	960	53	0		
Total	1023				

Tabela 66 – Variáveis mais influentes para Curitiba para o consumo relativo com refrigeração do Modelo de Forma 2.

Curitiba - Consumo relativo com refrigeração do Modelo de Forma 2					
Fonte	GL	SQ(Aj.)	QM(Aj.)	Valor F	Valor-p
CTpar	1	5	5	98,8	0
Upar	1	6	6	118,6	0
abspar	1	29	29	624,0	0
CTcob	1	13	13	284,1	0
Ucob	1	15	15	318,5	0
abscob	1	39	39	838,7	0
somb	1	0	0	4,6	0,032
abert	1	1	1	15,4	0
solar	3	1	0	4,0	0,007
CTpar*Upar	1	5	5	98,8	0
CTpar*abspar	1	5	5	98,0	0
CTpar*CTcob	1	0	0	0,7	0,392
CTpar*Ucob	1	0	0	2,3	0,132
CTpar*abscob	1	3	3	68,5	0
CTpar*somb	1	0	0	0,8	0,376
CTpar*abert	1	0	0	1,7	0,193
CTpar*solar	3	0	0	1,0	0,409
Upar*abspar	1	3	3	64,5	0
Upar*CTcob	1	1	1	13,1	0
Upar*Ucob	1	0	0	3,4	0,065
Upar*abscob	1	6	6	128,8	0
Upar*somb	1	0	0	1,1	0,287
Upar*abert	1	0	0	3,7	0,056
Upar*solar	3	1	0	6,3	0
abspar*CTcob	1	2	2	51,4	0
abspar*Ucob	1	3	3	62,7	0
abspar*abscob	1	10	10	207,1	0
abspar*somb	1	0	0	2,0	0,159
abspar*abert	1	0	0	0,4	0,534
abspar*solar	3	0	0	1,4	0,238
CTcob*Ucob	1	13	13	284,1	0
CTcob*abscob	1	11	11	232,3	0
CTcob*somb	1	0	0	0,2	0,621
CTcob*abert	1	0	0	3,0	0,082
CTcob*solar	3	0	0	1,0	0,393
Ucob*abscob	1	6	6	119,0	0
Ucob*somb	1	0	0	0,5	0,503
Ucob*abert	1	0	0	8,6	0,003
Ucob*solar	3	0	0	3,0	0,03
abscob*somb	1	0	0	0,9	0,334
abscob*abert	1	0	0	1,4	0,231
abscob*solar	3	0	0	0,9	0,433
somb*abert	1	0	0	1,0	0,323
somb*solar	3	0	0	0,0	0,993
abert*solar	3	0	0	0,2	0,92
Error	960	45	0		
Total	1023				

Tabela 67 – Variáveis mais influentes para Florianópolis para o consumo relativo com aquecimento do Modelo de Forma 1.

Florianópolis - Consumo relativo com aquecimento do Modelo de Forma 1					
Fonte	GL	SQ(Aj.)	QM(Aj.)	Valor F	Valor-p
CTpar	1	45.155	45.155	1.643,9	0
Upar	1	388.596	388.596	14.146,5	0
abspar	1	20.447	20.447	744,4	0
CTcob	1	45.520	45.520	1.657,1	0
Ucob	1	1.239.628	1.239.628	45.127,6	0
abscob	1	64.918	64.918	2.363,3	0
somb	1	360	360	13,1	0
abert	1	34	34	1,2	0,266
solar	3	306	102	3,7	0,011
CTpar*Upar	1	45.155	45.155	1.643,9	0
CTpar*abspar	1	2.995	2.995	109,0	0
CTpar*CTcob	1	568	568	20,7	0
CTpar*Ucob	1	5.517	5.517	200,9	0
CTpar*abscob	1	2.177	2.177	79,3	0
CTpar*somb	1	43	43	1,6	0,213
CTpar*abert	1	24	24	0,9	0,353
CTpar*solar	3	29	10	0,4	0,786
Upar*abspar	1	1.710	1.710	62,2	0
Upar*CTcob	1	1.598	1.598	58,2	0
Upar*Ucob	1	6.144	6.144	223,7	0
Upar*abscob	1	3.548	3.548	129,2	0
Upar*somb	1	59	59	2,1	0,144
Upar*abert	1	183	183	6,7	0,01
Upar*solar	3	97	32	1,2	0,316
abspar*CTcob	1	27	27	1,0	0,318
abspar*Ucob	1	36	36	1,3	0,255
abspar*abscob	1	478	478	17,4	0
abspar*somb	1	2	2	0,1	0,802
abspar*abert	1	77	77	2,8	0,094
abspar*solar	3	24	8	0,3	0,828
CTcob*Ucob	1	45.520	45.520	1.657,1	0
CTcob*abscob	1	7.140	7.140	259,9	0
CTcob*somb	1	4	4	0,2	0,696
CTcob*abert	1	20	20	0,7	0,388
CTcob*solar	3	2	1	0,0	0,995
Ucob*abscob	1	42	42	1,5	0,215
Ucob*somb	1	3	3	0,1	0,744
Ucob*abert	1	219	219	8,0	0,005
Ucob*solar	3	5	2	0,1	0,981
abscob*somb	1	6	6	0,2	0,638
abscob*abert	1	56	56	2,1	0,152
abscob*solar	3	3	1	0,0	0,99
somb*abert	1	100	100	3,6	0,057
somb*solar	3	13	4	0,2	0,923
abert*solar	3	329	110	4,0	0,008
Erro	960	26.371	27		
Total	1023	1.955.289			

Tabela 68 – Variáveis mais influentes para Florianópolis para o consumo relativo com aquecimento do Modelo de Forma 2.

Florianópolis - Consumo relativo com aquecimento do Modelo de Forma 2					
Fonte	GL	SQ(Aj.)	QM(Aj.)	Valor F	Valor-p
CTpar	1	39.568	39.568	2.319,4	0
Upar	1	321.905	321.905	18.869,6	0
abspar	1	21.235	21.235	1.244,8	0
CTcob	1	26.693	26.693	1.564,7	0
Ucob	1	646.738	646.738	37.910,8	0
abscob	1	32.434	32.434	1.901,2	0
somb	1	144	144	8,4	0,004
abert	1	6.346.928	6.346.928	372.047,6	0
solar	3	48.696	16.232	951,5	0
CTpar*Upar	1	39.568	39.568	2.319,4	0
CTpar*abspar	1	4.133	4.133	242,3	0
CTpar*CTcob	1	284	284	16,7	0
CTpar*Ucob	1	2.335	2.335	136,9	0
CTpar*abscob	1	1.192	1.192	69,9	0
CTpar*somb	1	17	17	1,0	0,325
CTpar*abert	1	6	6	0,4	0,55
CTpar*solar	3	6	2	0,1	0,951
Upar*abspar	1	2.833	2.833	166,0	0
Upar*CTcob	1	535	535	31,4	0
Upar*Ucob	1	1.132	1.132	66,4	0
Upar*abscob	1	2.085	2.085	122,3	0
Upar*somb	1	24	24	1,4	0,234
Upar*abert	1	484	484	28,4	0
Upar*solar	3	39	13	0,8	0,516
abspar*CTcob	1	40	40	2,3	0,127
abspar*Ucob	1	242	242	14,2	0
abspar*abscob	1	182	182	10,7	0,001
abspar*somb	1	3	3	0,2	0,673
abspar*abert	1	24	24	1,4	0,233
abspar*solar	3	6	2	0,1	0,95
CTcob*Ucob	1	26.693	26.693	1.564,7	0
CTcob*abscob	1	4.332	4.332	254,0	0
CTcob*somb	1	1	1	0,1	0,784
CTcob*abert	1	10	10	0,6	0,434
CTcob*solar	3	1	0	0,0	0,995
Ucob*abscob	1	250	250	14,6	0
Ucob*somb	1	2	2	0,1	0,747
Ucob*abert	1	130	130	7,6	0,006
Ucob*solar	3	12	4	0,2	0,877
abscob*somb	1	0	0	0,0	0,969
abscob*abert	1	329	329	19,3	0
abscob*solar	3	10	3	0,2	0,895
somb*abert	1	28	28	1,7	0,198
somb*solar	3	3	1	0,1	0,985
abert*solar	3	8.000	2.667	156,3	0
Erro	960	16.377	17		
Total	1023	7.595.690			

Tabela 69 – Variáveis mais influentes para Curitiba para o consumo relativo com aquecimento do Modelo de Forma 1.

Curitiba - Consumo relativo com aquecimento do Modelo de Forma 1					
Fonte	GL	SQ(Aj.)	QM(Aj.)	Valor F	Valor-p
CTpar	1	121.101	121.101	1.005,0	0
Upar	1	1.656.162	1.656.162	13.744,8	0
abspar	1	115.621	115.621	959,6	0
CTcob	1	174.658	174.658	1.449,5	0
Ucob	1	4.328.991	4.328.991	35.927,1	0
abscob	1	397.352	397.352	3.297,7	0
somb	1	802	802	6,7	0,01
abert	1	1.212	1.212	10,1	0,002
solar	3	8.904	2.968	24,6	0
CTpar*Upar	1	121.101	121.101	1.005,0	0
CTpar*abspar	1	13.097	13.097	108,7	0
CTpar*CTcob	1	1.645	1.645	13,7	0
CTpar*Ucob	1	17.145	17.145	142,3	0
CTpar*abscob	1	13.045	13.045	108,3	0
CTpar*somb	1	167	167	1,4	0,239
CTpar*abert	1	199	199	1,7	0,199
CTpar*solar	3	142	47	0,4	0,759
Upar*abspar	1	4.807	4.807	39,9	0
Upar*CTcob	1	4.093	4.093	34,0	0
Upar*Ucob	1	13.057	13.057	108,4	0
Upar*abscob	1	23.724	23.724	196,9	0
Upar*somb	1	270	270	2,2	0,135
Upar*abert	1	561	561	4,7	0,031
Upar*solar	3	521	174	1,4	0,229
abspar*CTcob	1	187	187	1,6	0,213
abspar*Ucob	1	1.723	1.723	14,3	0
abspar*abscob	1	2.840	2.840	23,6	0
abspar*somb	1	16	16	0,1	0,712
abspar*abert	1	130	130	1,1	0,3
abspar*solar	3	153	51	0,4	0,736
CTcob*Ucob	1	174.658	174.658	1.449,5	0
CTcob*abscob	1	36.810	36.810	305,5	0
CTcob*somb	1	16	16	0,1	0,713
CTcob*abert	1	133	133	1,1	0,294
CTcob*solar	3	9	3	0,0	0,995
Ucob*abscob	1	90	90	0,8	0,388
Ucob*somb	1	25	25	0,2	0,648
Ucob*abert	1	1.258	1.258	10,4	0,001
Ucob*solar	3	407	136	1,1	0,337
abscob*somb	1	31	31	0,3	0,613
abscob*abert	1	34	34	0,3	0,594
abscob*solar	3	4	1	0,0	0,999
somb*abert	1	270	270	2,2	0,135
somb*solar	3	61	20	0,2	0,918
abert*solar	3	10.118	3.373	28,0	0
Error	960	115.674	120		
Total	1023				

Tabela 70 – Variáveis mais influentes para Curitiba para o consumo relativo com aquecimento do Modelo de Forma 2.

Curitiba - Consumo relativo com aquecimento do Modelo de Forma 2					
Fonte	GL	SQ(Aj.)	QM(Aj.)	Valor F	Valor-p
CTpar	1	78.172	78.172	1.403,5	0
Upar	1	1.118.170	1.118.170	20.075,1	0
abspar	1	93.593	93.593	1.680,3	0
CTcob	1	80.632	80.632	1.447,6	0
Ucob	1	2.063.782	2.063.782	37.052,3	0
abscob	1	160.826	160.826	2.887,4	0
somb	1	493	493	8,9	0,003
abert	1	2.693	2.693	48,4	0
solar	3	94	31	0,6	0,641
CTpar*Upar	1	78.172	78.172	1.403,5	0
CTpar*abspar	1	11.784	11.784	211,6	0
CTpar*CTcob	1	696	696	12,5	0
CTpar*Ucob	1	6.503	6.503	116,8	0
CTpar*abscob	1	4.717	4.717	84,7	0
CTpar*somb	1	52	52	0,9	0,335
CTpar*abert	1	110	110	2,0	0,161
CTpar*solar	3	56	19	0,3	0,799
Upar*abspar	1	5.086	5.086	91,3	0
Upar*CTcob	1	1.359	1.359	24,4	0
Upar*Ucob	1	1.981	1.981	35,6	0
Upar*abscob	1	11.336	11.336	203,5	0
Upar*somb	1	80	80	1,4	0,232
Upar*abert	1	587	587	10,5	0,001
Upar*solar	3	280	93	1,7	0,171
abspar*CTcob	1	196	196	3,5	0,061
abspar*Ucob	1	1.190	1.190	21,4	0
abspar*abscob	1	1.728	1.728	31,0	0
abspar*somb	1	7	7	0,1	0,725
abspar*abert	1	76	76	1,4	0,243
abspar*solar	3	90	30	0,5	0,655
CTcob*Ucob	1	80.632	80.632	1.447,6	0
CTcob*abscob	1	16.574	16.574	297,6	0
CTcob*somb	1	4	4	0,1	0,802
CTcob*abert	1	90	90	1,6	0,205
CTcob*solar	3	1	0	0,0	1
Ucob*abscob	1	138	138	2,5	0,116
Ucob*somb	1	4	4	0,1	0,788
Ucob*abert	1	766	766	13,8	0
Ucob*solar	3	3	1	0,0	0,997
abscob*somb	1	5	5	0,1	0,76
abscob*abert	1	4	4	0,1	0,785
abscob*solar	3	4	1	0,0	0,996
somb*abert	1	138	138	2,5	0,115
somb*solar	3	3	1	0,0	0,997
abert*solar	3	103	34	0,6	0,604
Error	960	53.471	56		
Total	1023				